



**Уральский  
федеральный  
университет**

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

**Институт новых материалов  
и технологий**

**С. В. БЕДНЯГИН  
Е. С. ГЕРАСИМОВА**

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕТНОСМЕСИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие





Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**С. В. Беднягин, Е. С. Герасимова**

**Проектирование бетоносмесительных  
предприятий по производству  
бетонных и железобетонных  
изделий и конструкций**

---

Учебное пособие

*Под общей редакцией доцента С. В. Беднягина*

Рекомендовано методическим советом  
Уральского федерального университета  
для студентов вуза, обучающихся по направлениям  
подготовки 08.03.01, 08.04.01 — Строительство

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2019

УДК 666.97(075.8)

ББК 38.626.2я73

Б38

Рецензенты:

канд. техн. наук, начальник отдела обследования зданий и сооружений ФГБУ «УралНИИпроект РААСН» *А. Я. Энн*,  
директор по строительству ООО «Е-СТРОЙ» *В. Г. Корнильцев*

*На обложке использовано изображение с сайта <http://adsp.by/cbp/merko-mpb/>*

**Беднягин, С. В.**

**Б38** Проектирование бетоносмесительных предприятий по производству бетонных и железобетонных изделий и конструкций : учеб. пособие / С. В. Беднягин, Е. С. Герасимова ; под общ. ред. доц. С. В. Бедягина ; Мин-во науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 100 с.  
ISBN 978-5-7996-2781-2

В учебном пособии представлены основные сведения о методике расчета состава бетонных и растворных смесей, о методах и приемах технологического проектирования бетоносмесительных заводов, цехов, установок. Дана информация об особенностях проектирования строительной части промышленных цехов.

Пособие предназначено для изучения дисциплин «Технология производства железобетонных изделий и конструкций», «Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий», «Технология преднапряженных железобетонных конструкций» и выполнения курсового проектирования для студентов всех форм обучения по направлениям подготовки 08.03.01 и 08.04.01. Пособие можно использовать в ходе выполнения ВКР бакалавра и магистерских диссертаций.

Библиогр.: 33 назв. Табл. 28. Рис. 13. Прил. 3.

УДК 666.97(075.8)

ББК 38.626.2я73

ISBN 978-5-7996-2781-2

© Уральский федеральный  
университет, 2019

---

# Введение

---

**П**роизводственный процесс в промышленности строительных материалов — это совокупность действий, необходимых для выпуска готовых материалов, изделий или конструкций из соответствующего сырья. При этом выпуск новой продукции возможен двумя способами: строительством новых предприятий и реконструкцией (техническим перевооружением) старых предприятий под новые технологии.

Во втором случае подразумевается размещение новой технологии или линии в имеющемся здании, при этом строительные элементы здания практически не переделываются или переделываются незначительно. При реконструкции старых помещений под новое оборудование может быть использовано частично и старое оборудование, но его размещают по-новому, в соответствии с проектируемой новой технологией. И, наконец, при строительстве новых предприятий используются новейшие технологические достижения и современное оборудование.

В любом указанном выше случае необходимо технологическое проектирование, которое является неотъемлемой частью профессиональной деятельности специалистов в области производства строительных материалов, изделий и конструкций.

К технологическому проектированию относится разработка технологической цепочки с выбором и размещением необходимого технологического оборудования, с составлением необходимой проектной документации. Работа сводится к разработке комплекта технологической документации, содержащего пояснительную записку, технологические расчеты, чертежи, схемы и другие материалы, необходимые

для строительства объекта и организации производства конкретного вида продукции.

Проект состоит из основной и специальной частей. К основной части относятся: рабочие чертежи изделий или конструкций с годовой программой выпуска для каждой из них; нормы расхода сырьевых и вспомогательных материалов; технологические карты производства; расчеты времени на выполнение каждой операции или определение их по нормативам и др.

Рассчитывается годовая трудоемкость изготовления всей номенклатуры материалов, изделий и конструкций, количество основного и вспомогательного оборудования, необходимых инструментов. Составляются ведомости на оборудование, приспособления, основные и вспомогательные материалы, состав производственных и вспомогательных рабочих, инженерно-технического, административного и младшего обслуживающего персонала.

В основной части должны быть также проработаны вспомогательные производственные службы (складская, транспортная, ремонтного и технического обслуживания, контроля качества изделий, бытового обслуживания и охраны труда, подготовки и управления производством).

К специальной части проекта относят: архитектурно-строительную; санитарно-техническую (водопровод, отопление, вентиляция, канализация, освещение и др.); электротехническую (электроснабжение, связь, пожарная и охранная сигнализация); теплоэнергетическую (сжатый воздух, газ); генеральный план, общезаводской транспорт и др.

Каждая из частей имеет свою пояснительную записку, содержащую сжатое описание элементов производства (технологические процессы, применяемое оборудование, планировка помещений, технико-экономическое обоснование принимаемых решений). Приложения к записке содержат необходимые расчеты, таблицы, технические характеристики оборудования, спецификации и т. п., а также чертежи, схемы, макеты и т. п.

Технологическое проектирование имеет свои этапы и осуществляется по определенной методике.

В настоящем пособии обучающиеся смогут ознакомиться с основами разработки технологического проекта бетоно- и/или растворосмесительного цеха (участка, отделения). Это будет способствовать освоению ими профессиональных компетенций, связанных с проек-

тированием заводов, цехов и т. п., а также расширению и углублению знаний по специальным дисциплинам учебного плана; приобретению навыков самостоятельной работы по проектированию цехов; подготовке студентов к последующему выполнению выпускной квалификационной работы.

Пособие разработано в соответствии с основными положениями и требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки бакалавров и магистров «Строительство» (08.03.01, 08.04.01), а также образовательных стандартов УрФУ для разработки и реализации программ бакалавриата и магистратуры в области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» и предназначено для студентов всех форм обучения, включая индивидуальные траектории, а также специалистов строительной отрасли

*Авторы выражают огромную благодарность Василию Александровичу Никишкину, кандидату технических наук, разработавшему первую редакцию настоящего пособия.*

---

# 1. Расчет состава бетонных и растворных смесей

---

Основной вид продукции бетоносмесительного завода, цеха или участка — бетонные и растворные смеси. Это материал, который состоит из вяжущего вещества, заполнителей, воды и химических и/или минеральных добавок (наполнителей).

Тяжелые бетонные смеси — это самый распространенный вид смесей на заводах по производству железобетонных изделий, при этом также изготавливаются легкие бетонные смеси и растворные смеси.

Качество железобетонных изделий и конструкций, производимых на заводах, напрямую связано с качеством бетонных смесей и их технологическими характеристиками. В свою очередь, качество смесей зависит от правильности выбора компонентов и грамотного проектирования состава бетона, для которого изготавливается смесь.

Подбор состава бетона включает в себя расчет состава бетонной смеси, опытную проверку рассчитанного состава пробными замесами и, при необходимости, его корректировку, определение формовочных свойств смеси, коэффициента выхода бетонной смеси, механических (прочностных) свойств бетона.

Расчет состава бетонной смеси заключается в определении наиболее рационального соотношения между составляющими материалами (цементом, водой, мелким и крупным заполнителями). Такое соотношение должно обеспечивать необходимую удобоукладываемость



бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения, а также приобретение бетоном необходимой прочности в заданный срок при минимально возможном расходе цемента. В отдельных случаях к бетону предъявляются требования по плотности, морозостойкости, водонепроницаемости и др.

В характеристике бетонируемой конструкции должны содержаться сведения о ее назначении и размерах, густоте армирования, минимальном расстоянии между стержнями арматуры и способе укладки бетонной смеси. По этим данным устанавливаются удобоукладываемость смеси и максимальная величина зерен крупного заполнителя. По густоте армирования определяют наибольшую крупность заполнителя, которая не должна превышать  $2/3$  минимального расстояния между стержнями арматуры.

Наиболее простым и удобным методом определения состава тяжелого бетона является метод расчета по абсолютным объемам, разработанный профессором Б. Г. Скрамтаевым.

### 1.1. Выбор материалов для приготовления бетонной смеси

---

Заводы железобетонных изделий применяют для приготовления бетонной смеси в качестве вяжущего цементы с различными добавками и пластификаторами, а в качестве заполнителей — песок, гравий и щебень из горных пород, отвальных шлаков и искусственно приготовленных материалов. Выбор вяжущего и заполнителей производится с учетом качества и экономической целесообразности, данных о бетоне и бетонируемом изделии или конструкции, сведений о технологии формования железобетонных конструкций.

Класс цемента следует выбирать в зависимости от проектного класса бетона. В табл. 1 показаны примерные классы цемента в зависимости от класса бетона, но более точно этот показатель выбирается по СНиП 82–02–95 «Федеральные ( типовые ) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций». Выбор вида цемента производится в зависимости от условий работы конструкций. Плотность цемента может быть принята равной  $3,1 \text{ г/см}^3$  ( $3100 \text{ кг/м}^3$ ).

Таблица 1

**Рекомендуемые классы цемента для бетонов естественного твердения**

Класс бетона	Класс цемента для бетона			
	тяжелого		легкого (конструкционного)	
	рекомендуемые	допускаемые	рекомендуемые	допускаемые
B7,5	32,5	—	42,5	32,5
B10	32,5	32,5	42,5	32,5; 52,5
B15	42,5	32,5; 42,5	42,5	32,5; 52,5
B20	42,5	32,5; 42,5	42,5	52,5
B22,5	42,5	42,5	42,5	52,5
B30	42,5	52,5	52,5	52,5
B37,5	52,5	52,5	52,5	52,5
B45	52,5	52,5	—	—

При выборе заполнителей необходимо учитывать их важнейшие характеристики, среди которых прочность, гранулометрический состав, модуль крупности, средняя плотность, насыпная плотность, естественная влажность, водопотребность и т. д. Ниже в таблицах приводятся те из них, которые могут понадобиться при расчетах составов бетонов (табл. 2–4).

Таблица 2

**Рекомендуемая предельная крупность заполнителей**

№	Вид конструкций	Максимальная крупность зерен крупного заполнителя, мм
1	Ребристые конструкции, многпустотные панели, элементы оболочек с размерами ребер, стенок, полок до 25 мм или с многорядной арматурой	10
2	То же с размерами ребер, стенок, полок от 25 до 80 мм, с расстояниями более 15 мм	20
3	Крупноразмерные изделия (колонны, балки, ригели, блоки и др.) с расстояниями между стержнями арматуры более 30 мм	40

Таблица 3

### Средняя плотность горных пород

Вид породы	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Вид породы	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
Гранит	2530–2700	Порфир кварцевый	2540–2660
Диорит	2670–2920	Карбонатные породы	1700–2700
Сиенит	2470–2650	Песчаник	1700–2700
Габбро	2850–3050	Мрамор	2300–2600
Базальт	2220–3070	Кварцит	2650

Выбор материалов, которые будут использоваться для приготовления бетонной и растворной смесей, необходимо всегда обосновывать с учетом теоретических и практических данных, принимая во внимание и место строительства будущего предприятия.

Таблица 4

### Насыпная плотность заполнителей

Наименование заполнителей	Максимальная насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Наименование заполнителей	Максимальная насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>
Щебень и гравий: гранитный	1450	Керамзитовый гравий или щебень: для теплоизоляционного бетона	300
известняковый	1250		
Песок кварцевый при влажности 5 %	1600	для конструктивного теплоизоляционного бетона	500
Шлак котельный: из бурого угля	700		
из антрацита	1000	для конструктивного бетона	1000
Зола: из бурого угля	900		
из каменного угля	1000		

## 1.2. Расчет составов бетонов

Расчет состава бетона призван обеспечить заданные показатели свойств бетонной смеси и готового бетона при наименьшей стоимости материалов и наименьших производственных затратах с учетом технологических режимов изготовления железобетонных изделий. Состав бетона выражается в виде расхода составляющих материалов по массе на  $1 \text{ м}^3$  бетона.

Ниже приводятся основные формулы и таблицы, используемые при расчете состава тяжелого, легкого, мелкозернистого бетонов.

Расчет состава тяжелого бетона ведется в следующей последовательности.

1. Определяется водоцементное отношение по формуле:

- а) для бетонов средних и низких марок:

$$В/Ц = AR_{ц} / (R_b + A \cdot 0,5R_{ц}); \quad (1)$$

- б) для высокопрочного бетона:

$$В/Ц = A_1 R_{ц} / (R_b - A_1 \cdot 0,5R_{ц}), \quad (2)$$

где  $R_{ц}$  — класс прочности или активность цемента, МПа;  $R_b$  — класс прочности бетона, МПа;  $A$  и  $A_1$  — коэффициенты, определяемые по табл. 5.

Таблица 5

**Коэффициенты, учитывающие качество заполнителей бетона**

Материалы	$A$	$A_1$
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

2. Определяется расход воды по табл. 6.

3. Определяется расход цемента по формуле  $Ц = В: В/Ц$ .

При изготовлении сборных железобетонных изделий с тепловой обработкой при температурах  $80\text{--}90^\circ\text{C}$  с общим циклом 11–16 часов в зависимости от требуемой прочности и активности цемента корректируется умножением на коэффициент изменения расхода цемента (табл. 7).

4. Определяется расход заполнителей по методу абсолютных объемов.

Расход щебня:

$$\text{Щ} = \frac{1}{\left( \frac{V_{\text{пщ}} \times \alpha}{\gamma_{\text{щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}}} \right)}. \quad (3)$$

Расход песка:

$$\text{П} = \left( 1 - \left( \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \text{В} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}} \right) \right) \rho_{\text{п}}, \quad (4)$$

где  $V_{\text{пщ}}$  — пустотность щебня (гравия);  $\alpha$  — коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия) (табл. 8);  $\gamma_{\text{щ}}$  — насыпная плотность щебня, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{щ}}$ ;  $\rho_{\text{п}}$ ;  $\rho_{\text{ц}}$ ;  $\rho_{\text{в}}$  — плотность цемента, песка, щебня, воды, кг/м<sup>3</sup>; Ц, В, П, Щ — расходы цемента, воды, песка, щебня, кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 6

**Ориентировочный расход воды на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси на плотных заполнителях при температуре смеси 20 °С**

Смесь	Жесткость по ГОСТ 7473–2012, с	Подвижность по ГОСТ 7473–2012, см	Расход воды, л/м <sup>3</sup> , при крупности, мм							
			гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж4	31 и >	—	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж3	21–30	—	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж2	11–20	—	165	150	135	130	175	165	150	150
Ж1	5–10	—	175	160	145	140	185	175	160	155
П1	—	1–4	190	175	160	155	200	190	175	170
П2	—	5–9	200	185	170	164	210	200	185	180
П3	—	10–15	215	205	190	180	225	215	200	190
П4	—	16 и более	225	220	205	195	235	230	215	205

*Примечание.* Данные приведены для смесей на цементе с нормальной густотой теста 26–28 % и песка  $M_{\text{кр}} = 2$ . При изменении нормальной густоты цементного теста на каждый процент в меньшую сторону расход воды следует уменьшить на 3–5 л/м<sup>3</sup>, в большую — увеличить на то же значение. В случае изменения модуля крупности песка в меньшую сторону на каждые 0,5 его значения необходимо увеличивать, а в большую сторону — уменьшать расход воды на 3–5 л/м<sup>3</sup>.

Таблица 7

**Коэффициенты изменения расхода цемента в тяжелом бетоне  
в зависимости от требуемой прочности для среднеэффективных цементов**

Класс бетона	Коэффициенты при отпускной прочности бетона % от проектной через 4 часа после окончания тепловой обработки				
	50–60	70	80	90	100
B20 и менее	1	1,05	1,10	1,15	1,22
B22,5–B30	1	1	1,12	1,20	1,30
B35 и более	1	1	1,16	1,24	1,32

Таблица 8

**Значения коэффициента  $\alpha$  для подвижных бетонных смесей  
(водопотребность песка 7 %)**

Расход цемента кг/м <sup>3</sup>	При В/Ц					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	—	—	—	1,26	1,32	1,38
300	—	—	1,30	1,36	1,42	—
350	—	1,30	1,38	1,44	—	—
400	1,31	1,40	1,46	—	—	—
500	1,44	1,52	1,56	—	—	—
600	1,52	1,56	—	—	—	—

*Примечания:*

1. При других Ц и В/Ц коэффициент  $\alpha$  находят интер- или экстраполяцией.
2. Если водопотребность используемого мелкого песка более 7 %, коэффициент уменьшают на 0,03 на каждый процент увеличения водопотребности песка; если водопотребность крупного песка менее 7 %, коэффициент  $\alpha$  увеличивают на 0,03 на каждый процент уменьшения водопотребности песка.

5. Окончательный результат расчета состава бетонной смеси заносится в следующую табличную форму:

Материал	Расход, кг/м <sup>3</sup>
Вяжущее вещество	
Крупный заполнитель	
Мелкий заполнитель	
Вода	
Расчетная плотность бетонной смеси	

### Расчет состава мелкозернистого бетона

1. Определяется водоцементное отношение:

$$B/C = AR_c / (R_b + A \cdot 0,8 R_c), \quad (5)$$

где  $A$  — коэффициент для материалов: высокого качества — 0,8; среднего качества — 0,75; низкого качества — 0,65 (цемент низких классов и мелкий песок).

2. Соотношение между количеством цемента и песка, обеспечивающее требуемую подвижность, определяют по рис. 1.

Для песка с водопотребностью выше (мелкие) или ниже (крупные) 7 % их содержание на каждый процент увеличения или уменьшения водопотребности уменьшают или увеличивают на 5 %.

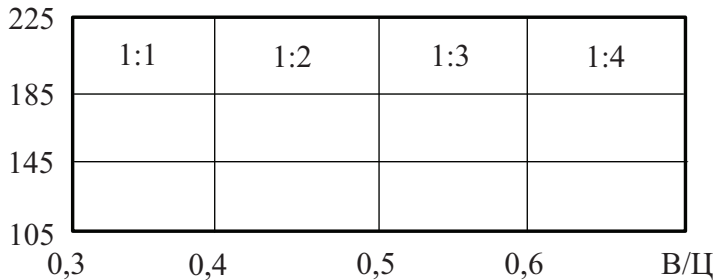


Рис. 1. График для соотношения количества цемента и песка средней крупности (водопотребность 7 %)

3. Расход цемента при воздухововлечении менее 3 % определяется по формуле

$$C = \frac{1}{\left( \frac{1}{\rho_c} + \frac{B/C}{1000} + \frac{n}{\rho_s} \right)}, \quad (6)$$

где  $n$  — отношение между количеством песка и цемента.

4. Расход воды будет равен  $B = C \cdot B/C$ .

5. Расход песка будет равен  $\Pi = n \cdot C$ .

6. Окончательный результат расчета состава бетонной смеси заносится в следующую табличную форму:

Материал	Расход, кг/м <sup>3</sup>
Вяжущее вещество	
Мелкий заполнитель	

Материал	Расход, кг/м <sup>3</sup>
Вода	
Расчетная плотность бетонной смеси	

### Расчет состава легкого бетона

1. Назначают предварительный расход цемента в зависимости от требуемой прочности бетона в соответствии с табл. 9.

Таблица 9

#### Ориентировочный расход цемента класса 32,5 для керамзитобетона плотного строения (жесткость бетонной смеси 20–30 с)

Марка керамзита	Марка керамзитобетона						
	50	75	100	150	200	250	300
350–400	220/ 950	230/ 950	270/ 1100	—	—	—	—
450–500	210/ 1050	220/ 1050	250/ 1100	285/ 1550	370/ 1650	—	—
550–600	200/ 1150	210/ 1150	230/ 1200	265/ 1600	350/ 1650	430/ 1700	485/ 1750
700	—	200/ 1250	220/ 1250	255/ 1600	335/ 1650	400/ 1700	455/ 1750
800	—	—	—	240/ 1650	320/ 1650	385/ 1700	440/ 1750

#### Примечания:

1. До косой черты — расход цемента в кг/м<sup>3</sup>; после — масса бетона в сухом состоянии в кг/м<sup>3</sup>.

2. При использовании цемента класса 52,5 их расход снижается для бетона класса В12,5; В15; В20 и В25 соответственно на 10, 12, 14, 16 %.

3. При увеличении подвижности бетонной смеси до 2, 5, 8 см расход цемента, соответственно, повышается на 7, 15, 20 %, а при увеличении жесткости до 40–60 с расход цемента снижается на 10 %.

2. По заданному показателю подвижности или жесткости легкого бетонной смеси выбирают ориентировочный расход воды по табл. 10.

3. Ориентировочный расход керамзитового гравия в случае применения нефракционных заполнителей может быть принят для конструкционно-теплоизоляционных бетонов равным 0,9–1,05 м<sup>3</sup> в насыпном состоянии на 1 м<sup>3</sup> бетона. Для кон-



струкционного керамзитобетона расход может быть определен по табл. 11.

Массовое содержание крупного заполнителя определяется по формуле

$$K = \gamma_k \cdot V_k, \text{ кг/м}^3, \quad (7)$$

где  $\gamma_k$  — насыпная плотность крупного заполнителя.

Таблица 10

**Ориентировочный расход воды, л/м<sup>3</sup>, на приготовление  
плотной керамзитобетонной смеси**

Подвиж- ность смеси, см	Жесткость смеси, с	На кварцевом песке			На керамзитовом песке		
		при насыпной плотности гравия, кг/м³					
		300	500	800	300	500	800
—	60—80	200	190	180	240	235	225
	30—50	210	200	190	270	260	250
	15—25	220	210	200	300	290	280
3—5	—	230	220	210	325	315	305
6—8		240	230	220	350	340	330
9—12		250	240	230	375	360	350

*Примечания:*

1. Данные рассчитаны при условии применения керамзитового гравия с наибольшей крупностью зерен 20 мм и песка средней крупности; при наибольшей крупности зерен гравия 10 мм указанный в таблице расход воды увеличивают на 15 л, а при наибольшей крупности 40 мм — уменьшают на 15 л.

2. В случае использования мелкого песка расход воды увеличивается на 10 л.

3. Данные относятся к керамзитобетону, содержащему 40 % песка от общего объема смеси заполнителей. При меньшем или большем содержании песка расход воды уменьшают или увеличивают на 1—1,5 л на каждый процент изменения содержания песка.

4. Определяется расход мелкого заполнителя (песка) по формуле

$$П = \gamma_0^{\text{сух}} - (1,15Ц + K), \quad (8)$$

где  $\gamma_0^{\text{сух}}$  — средняя плотность бетона.

В реальных условиях результаты расчетов составов бетона должны проверяться и корректироваться с помощью испытания опытных образцов. Расчет составов бетона может осуществляться и по другим известным методикам.

Таблица 11

**Ориентировочный расход керамзитового гравия  
в конструкционном керамзитобетоне**

Марка керамзи- тобетона	Марка ке- рамзитового гравия	Расход керамзитового гравия, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> , бетона при средней плотности керамзитобетона, кг/м <sup>3</sup>				
		1400	1500	1600	1700	1800
150	400	0,70	0,64	0,54	—	
	500	0,74	0,67	0,57	—	
	600	0,80	0,74	0,67	0,56	—
	700	0,84	0,77	0,70	0,60	
200	500	0,77	0,70	0,58	0,50	—
	600	0,83	0,77	0,68	0,58	—
	700	0,85	0,80	0,72	0,60	0,50
	800	0,88	0,83	0,75	0,67	0,53
250	500	—	0,71	0,59	0,57	—
	600	0,84	0,78	0,69	0,59	0,50
	700	0,86	0,82	0,73	0,62	0,52
	800	0,89	0,84	0,77	0,68	0,56
300	600		0,80	0,70	0,60	0,50
	700	—	0,84	0,75	0,67	0,53
	800		0,86	0,80	0,70	0,56

### 1.3. Расчет составов растворов

Расчет состава строительных растворов производится в соответствии с СП 82–101–98 «Приготовление и применение строительных растворов» и ГОСТ 28013–98 «Растворы строительные. Общие технические условия» по следующей методике.

1. Вяжущие вещества для приготовления раствора должны соответствовать следующим нормативным документам: ГОСТ 10178; ГОСТ 25328; ГОСТ 22266. Расход вяжущего (цемента) на 1 м<sup>3</sup> песка ( $Q_B$ ) в зависимости от выбранной марки раствора и марки вяжущего определяется по табл. 12.
2. Расход вяжущего на 1 м<sup>3</sup> песка  $V_B$  определяется по формуле

$$V_B = Q_B / \gamma, \quad (9)$$

где  $\gamma$  — насыпная плотность вяжущего, кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 12

**Ориентировочный расход вяжущего для приготовления растворов**

Марка раствора	Марка вяжущего	Показатель $R_b Q_b$	Расход вяжущего, кг	
			на 1 м <sup>3</sup> песка	на 1 м <sup>3</sup> раствора
300	500	230	460	510
	400		575	600
200	500	180	360	410
	400		450	490
150	500	140	280	330
	400		350	400
	300		470	510
100	500	102	205	250
	400		255	300
	300		340	390
75	500	81	160	195
	400		200	240
	300		270	310
	200		405	445
50	400	56	140	175
	300		185	225
	200		280	325
25	300	31	105	135
	200		155	190
10	150	14	93	110
	100		140	165
	50		280	320
4	50	—	120	145
	25		240	270

*Примечание.* Расход вяжущих указан для смешанных цементно-известковых и цементно-глиняных растворов и песка в рыхлонасыпанном состоянии при естественной влажности 3–7%.

- Количество неорганических пластификаторов (известкового или глиняного теста)  $V_d$  на 1 м<sup>3</sup> песка определяется по формуле

$$V_d = 0,17 (1 - 0,002Q_v), \quad (10)$$

где  $V_d$  — неорганическая добавка на  $1 \text{ м}^3$  песка,  $\text{м}^3$ .

Определим массу неорганической добавки на  $1 \text{ м}^3$  песка по формуле

$$Q_d = V_d \cdot \lambda, \quad (11)$$

где  $Q_d$  — расход неорганической добавки на  $1 \text{ м}^3$  песка (кг);  $\lambda$  — насыпная плотность добавки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

4. Пропорцию объемных частей раствора ( $V_v$ :  $V_d$ : 1) составляют на основании данных о расходе вяжущего и неорганического пластификатора, после деления составляющих которой на  $V_v$  определяется состав раствора (вяжущее: известковое или глиняное тесто: песок):

$$(V_v / V_v) : (V_d / V_v) : (1 / V_v), \quad (12)$$

где  $V_v$  — расход вяжущего на  $1 \text{ м}^3$  песка,  $\text{м}^3$ .

В результате расчета полученные данные округляются до целых чисел и записываются, например, как 1: 1: 5.

Расход воды для заданной подвижности смеси определяется в результате пробных замесов. Выбрать нужную подвижность в зависимости от назначения раствора можно по таблице, представленной в ГОСТ 28013–98 (табл. 13).

Таблица 13

**Подвижность растворной смеси на месте применения  
в зависимости от назначения раствора**

Основное назначение раствора	Глубина погружения конуса, см	Марка по подвижности $P_k$
Кладочные:		
1) для бутовой кладки: — вибрированной;	1–3	$P_k 1$
— невибрированной;	4–6	$P_k 2$
2) кладки из пустотелого кирпича или керамических камней;	7–8	$P_k 2$
3) кладки из полнотелого кирпича, керамических камней, бетонных или камней из легких пород	8–12	$P_k 3$
4) заливки пустот в кладке и подачи раствора насосом	13–14	$P_k 4$

Окончание табл. 13

Основное назначение раствора	Глубина погружения конуса, см	Марка по подвижности $P_k$
5) устройства постели при монтаже стен из крупных бетонных блоков и панелей; расшивок горизонтальных и вертикальных швов в стенах из панелей и крупных бетонных блоков	5–7	$P_k 2$
Облицовочные — для крепления плит из природного камня и керамической плитки по готовой кирпичной стене	6–8	$P_k 2$
Штукатурные:	7–8	$P_k 2$
1) для грунта;		
2) набрызга:	8–12	$P_k 3$
— при ручном нанесении;		
— механизированном способе нанесения;	9–14	$P_k 4$
3) накрывки:	7–8	$P_k 2$
— без применения гипса;		
— с применением гипса	9–12	$P_k 3$

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое бетонная смесь и бетон?
2. По каким признакам классифицируют бетонные смеси и бетоны?
3. Чем отличается обычный бетон от мелкозернистого?
4. Что такое растворная смесь и раствор?
5. Что такое керамзитобетон?
6. Какой метод можно применять для расчета состава тяжелого бетона?
7. Чем отличается крупный заполнитель от мелкого?
8. Каким образом крупность песка влияет на расход воды для получения бетонной смеси?
9. Какие сырьевые материалы относятся к материалам пониженного качества?
10. В чем принято выражать состав бетонной смеси и состав растворной смеси?

---

## 2. Технологическое проектирование

---

**В** процессе технологического проектирования решаются две основные задачи: выбор технологического оборудования и расположение его в пространстве площадки или здания.

При выборе технологического оборудования прежде всего разрабатывается оптимальная технологическая схема производства на основе тщательного изучения современных освоенных, а также осваиваемых методов изготовления (производства) тех или иных материалов. Далее устанавливают плановый фонд рабочего времени оборудования, разрабатывают производственную программу и определяют необходимую часовую производительность оборудования, по которой его и выбирают. Затем рассчитывают потребность в сырьевых материалах, т. е. составляют материальный баланс производства.

### 2.1. Технологическая схема производства

---

Под *технологическим процессом* принято подразумевать последовательную совокупность технологических операций, приводящую к изменению формы или состояния материала либо изделия (полуфабриката) в целях получения из него материала или изделия необходимого вида и качества. Правильно организованный технологический процесс в конечном итоге влияет на производительность линии, качество и стоимость продукции.

Основные принципы, обеспечивающие эффективность проектируемой технологии:

- 1) *прямоточность*: материалы и изделия перемещаются по рабочим постам, расположенным по возможности прямолинейно;
- 2) *ритмичность* — повторяемость каждой технологической операции и всего технологического процесса в целом должна происходить через приблизительно одинаковые промежутки времени, в идеале — равные;
- 3) *непрерывность*: каждая последующая операция должна выполняться сразу после окончания предыдущей без простоев оборудования и рабочей силы;
- 4) *пропорциональность*: количество рабочих мест, на которых выполняются операции, примерно пропорционально их трудоемкости;
- 5) *поточность* характеризуется расчленением процесса на отдельные операции, выполняющиеся одновременно; поточность есть функция пропорциональности.

Принято считать, что в технологическом процессе участвует не все оборудование линии, а лишь те его виды, которые изменяют форму или состояние материала (дробилки, мельницы, бетоносмесители и т. п.), но не транспортное оборудование, бункера и др.

В *производственный процесс* входит весь комплекс операций, из которых складывается изготовление продукции, включая и транспортные операции.

*Технологическая схема* есть графическое изображение последовательности производственных операций.

Существуют различные приемы изображения схем. Наиболее простым и ясным следует считать изображение производственного процесса в виде цепочки последовательно выполняемых технологических операций. Технологическая операция должна быть обозначена в виде надписи, характеризующей технологический процесс (дозирование, помол, перемешивание и т. п.), или в виде упрощенного графического изображения (контура, абриса) аппарата, в котором выполняется эта операция (дозатор, мельница, бетоносмеситель и т. д.). Отличительной особенностью этого варианта является предварительный выбор типа оборудования, необходимого для выполнения той или иной операции.

Для полной характеристики производственного процесса недостаточно лишь одной графической схемы последовательности операций, для этого необходимо изобразить процесс в пространстве.

Организация производственного процесса по вертикали имеет особое значение в производствах, связанных с перемещением боль-

ших объемов сыпучих, пластично-вязких и жидких материалов (песок, щебень, цемент, бетонная смесь, жидкости и др.). Перемещение таких материалов целесообразно под действием их собственного веса (гравитационный принцип).

Такое перемещение может быть осуществлено без предварительного их подъема и с одно- или двукратным подъемом (рис. 2).

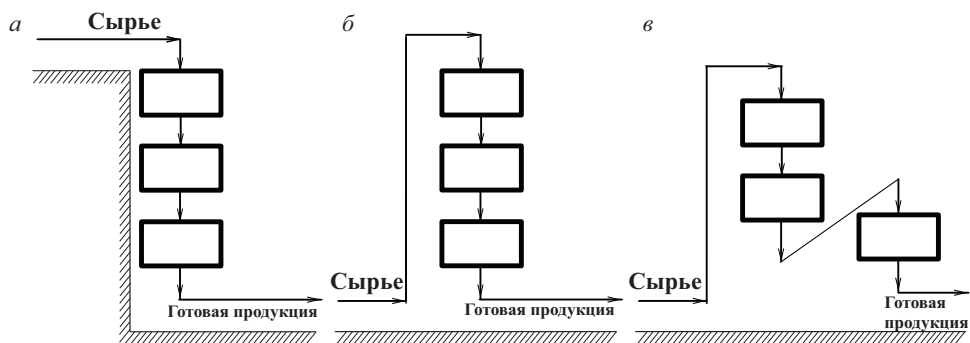


Рис. 2. Перемещение материалов под действием собственного веса:

*а* — без предварительного их подъема; *б* — с однократным их подъемом;  
*в* — с двукратным их подъемом

Наиболее экономичной является первая схема, но ее можно рассматривать лишь как частную при расположении линии на благоприятном рельефе. Причем рельеф площадки можно адаптировать путем устройства насыпей, рампы или приямков. Из двух последних лучшей считается схема с однократным подъемом материалов. При этом здание БСУ представляет собой башню с небольшой площадью в плане ( $6 \times 12$  м,  $12 \times 12$  м), но значительной высоты (20–30 м), что затрудняет строительство, монтаж оборудования, обслуживание оборудования и др.

Перемещение материала с двукратным его подъемом удлиняет коммуникации и увеличивает площадь здания, но упрощает его строительство и монтаж оборудования.

Многолетний опыт проектирования и эксплуатации БСУ показывает, что использовать высотную (одноступенчатую) схему целесообразно, если линия имеет относительно высокую мощность, большую номенклатуру смесей. Это чаще всего бывает, если БСУ строится для обслуживания завода ЖБИ.

Использовать партерную (двухступенчатую) схему рекомендуется, если БСУ является мобильной, приобъектной, имеет небольшую про-



изводительность, узкую номенклатуру смесей (например, только товарный бетон).

Таким образом, при разработке технологической схемы в первую очередь необходимо выбрать *вариант пространственной компоновки оборудования*.

Далее следует определиться с типом и количеством бетоносмесителей. Бетоносмесители могут быть гравитационного и принудительного действия, у тех и у других есть свои особенности, достоинства и недостатки. Выбор типа бетоносмесителя (бетоносмесителей) зависит от вида смесей (бетонные, растворные, легкие, тяжелые), крупности крупного заполнителя, удобоукладываемости смесей и т. п.

Количество бетоносмесителей зависит в первую очередь от производительности линии и разнообразия видов смесей (номенклатуры).

Если бетоносмесителей больше двух, возникает вопрос с расположением их в плане — линейным или круговым (гнездовым). Лучше, если все смесители обслуживаются одним комплектом дозаторов и бункеров. Это уменьшает размер бетоносмесительного отделения в плане, но приводит к увеличению его высоты, т. к. необходимо сохранить угол наклона течек подачи сыпучих материалов в смеситель при увеличении расстояния от вертикальной оси дозирующей группы до вертикальной оси загрузочного отверстия крайнего бетоносмесителя.

В технологической схеме также должен быть решен вопрос с количеством расходных бункеров сырьевых материалов. Их количество опять же связано с разнообразием выпускаемой продукции и использованием для этого различных видов и крупности крупного заполнителя (щебень или гравий, различные фракции по крупности), песок речной или песок из отсевов дробления, цементы разных видов и классов прочности и т. п.

Как правило, стандартная или типовая бетоносмесительная секция состоит из шести расходных бункеров: два бункера для крупного заполнителя; два бункера для мелкого заполнителя, два бункера для вяжущего вещества (цемента). Рассмотрим пример типовой автоматизированной секции БСЦ с бетоносмесителями вместимостью 500—750 л (рис. 3), которая запроектирована по вертикальной схеме. Секция состоит из четырех отделений: надбункерного, дозаторного, смесительного и выдачи готовой бетонной смеси. Со склада заполнители подаются в надбункерное отделение с помощью наклонно-горизонтального ленточного конвейера. Цемент со склада подается в циклон пневматическим транспортом и затем распределяется по отсекам винтовыми конвейерами.

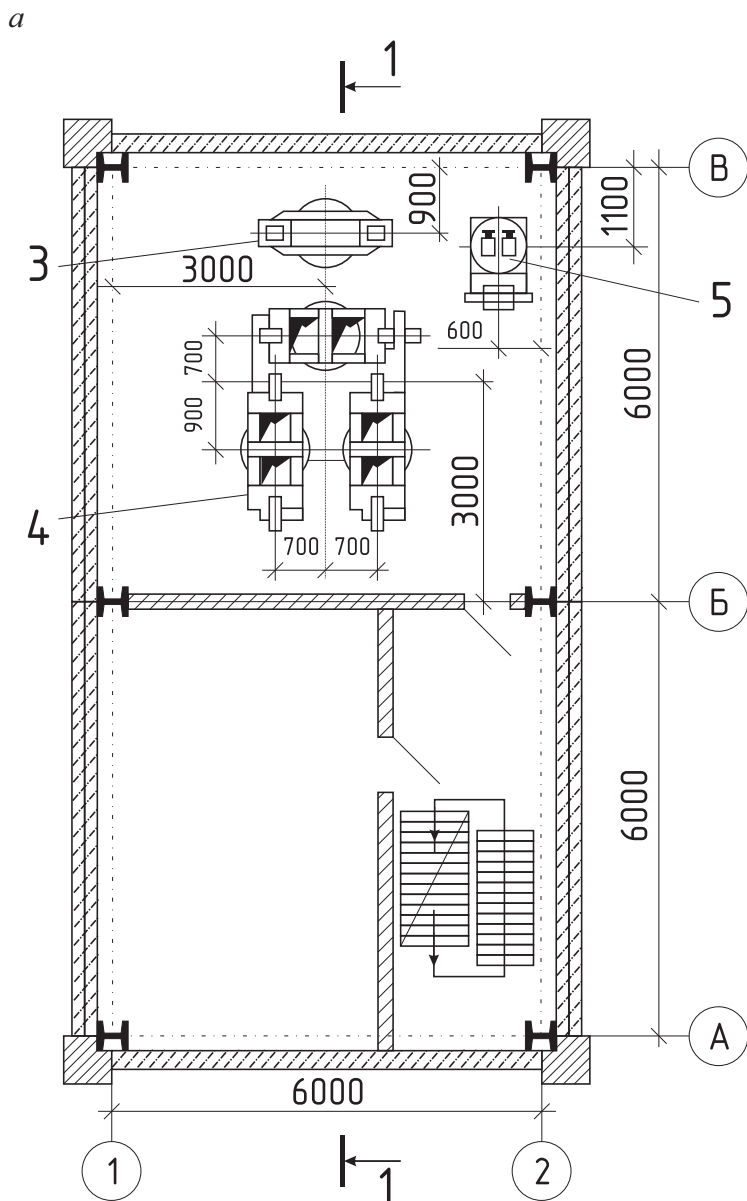


Рис. 3. Типовая автоматизированная секция БСЦ с бетоно- и растворосмесителями вместимостью 500–750 л (Начало. Окончание на с. 26):

*a* — план; *б* — разрез:

- 1 — циклон; 2 — конвейер винтовой; 3 — дозатор весовой для цемента;  
 4 — дозатор весовой для инертных материалов; 5 — дозатор весовой для жидкости;  
 6 — воронка сборная; 7 — бетоносмеситель (500 л); 8 — те́чка в бетоносмеситель;  
 9 — воронка выдачи бетона

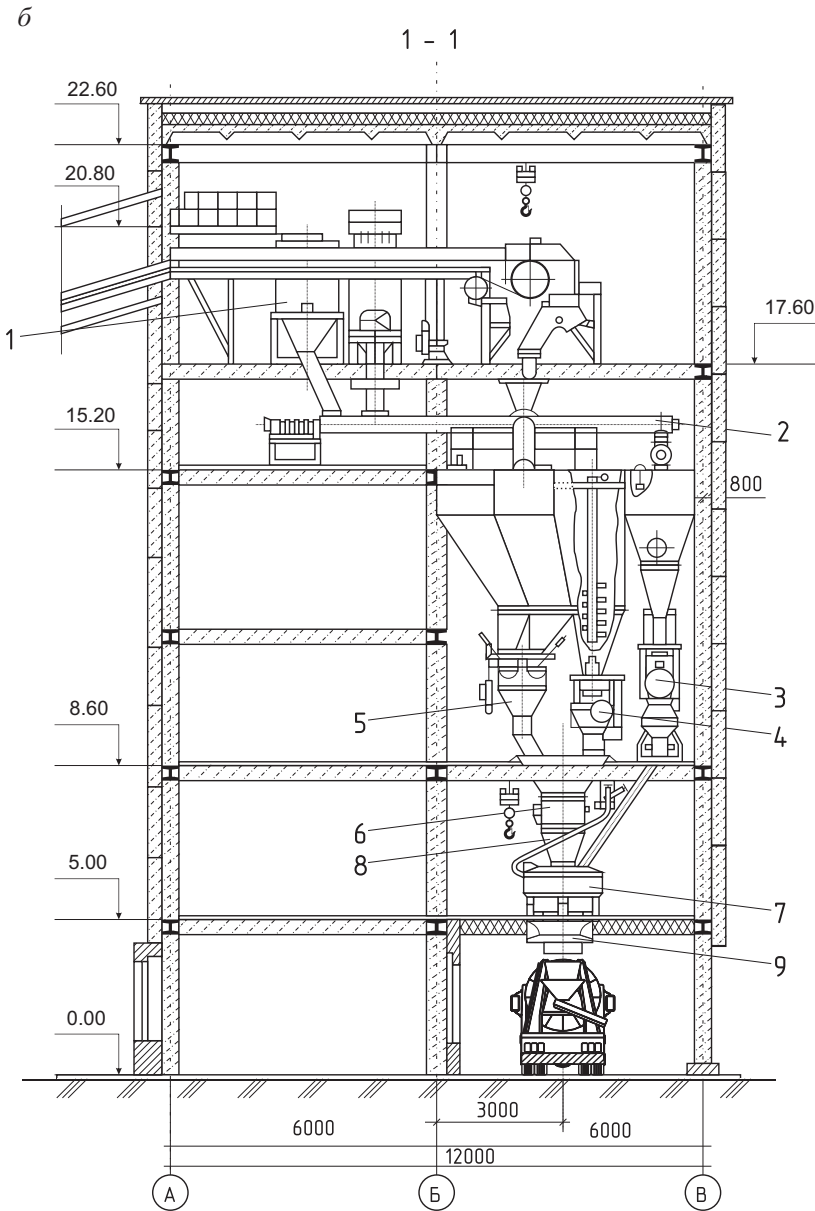


Рис. 3. Типовая автоматизированная секция БСЦ с бетоно- и растворосмесителями вместимостью 500–750 л (Окончание. Начало на с. 25):

*a* — план; *б* — разрез:

- 1 — циклон; 2 — конвейер винтовой; 3 — дозатор весовой для цемента;  
 4 — дозатор весовой для инертных материалов; 5 — дозатор весовой для жидкости;  
 6 — воронка сборная; 7 — бетоносмеситель (500 л); 8 — течка в бетоносмеситель;  
 9 — воронка выдачи бетона

Расходный бункер секции состоит из восьми отсеков, из них два — для цемента и шесть — для заполнителей. Для дозирования компонентов смеси установлены весовые дозаторы: один — для цемента, три — для инертных материалов и один — для жидкости.

Цех оборудован двумя бетоносмесителями с емкостью барабана по загрузке 500 (или 750) л и производительностью 20 (30) м<sup>3</sup>/ч товарных бетонных смесей. Готовая бетонная смесь выдается в раздаточный бункер бетоновозной эстакады или в автотранспорт.

Составленная на основе исходных данных (приведенных в задании на проектирование) технологическая схема может изменяться по мере выполнения технологических расчетов. Например, изменился объем, производительность и количество бетоносмесителей или количество и объем расходных бункеров. В этом случае вносятся соответствующие изменения.

Технологическая схема должна иметь подробное описание, в котором приводятся обоснования наиболее важных технологических решений, приводятся и сравниваются варианты. Составляется краткий литературный обзор учебной и научной литературы по данному вопросу.

## 2.2. Режим работы и фонд рабочего времени, часовая производительность

---

Под режимом работы предприятия подразумевают режим производства (цеха, завода) в целом и режим технологического процесса.

В первом случае имеют в виду количество и продолжительность смен, во втором — условие протекания отдельных технологических процессов (пропаривания, обжига и т. п.).

Рациональным считают такой режим, при котором площади и оборудование используются наиболее интенсивно и достигается высокая производительность труда при низкой себестоимости и высоком качестве изделий.

Фонды рабочего времени в части количества и продолжительности рабочих дней определяют в соответствии с действующим трудовым законодательством.

*Номинальным* фондом времени называют полное годовое время, в течение которого предприятие должно работать, за исключением общих выходных, праздничных и нерабочих дней.

*Действительным* фондом времени называют фактическое время за год, в течение которого работают сотрудники и оборудование.

Разницу между действительным и номинальным фондами времени составляют потери, т. е. пребывание оборудования в плановом ремонте, болезни, декретированные отпуска женщин, очередные отпуска и др.

Потери времени работы оборудования минимизируются путем внедрения системы планово-предупредительных ремонтов и повышения общей культуры производства. Потери времени рабочих, как правило, не отражаются на работе оборудования. Это объясняется тем, что большинство машин обслуживает бригада рабочих, состоящая из нескольких человек. Поэтому всегда имеется возможность замены отсутствующего рабочего.

При определении режима работы предприятия следует применять (ОНТП 07–85):

- номинальное количество рабочих суток в году — 260;
- то же по выгрузке сырья и материалов из железнодорожного транспорта — 365;
- количество рабочих смен в сутки (без тепловой обработки) — 1 или 2;
- количество рабочих смен в сутки для тепловой обработки — 3;
- продолжительность рабочей смены — 8 ч;
- продолжительность плановых остановок — 7 сут.;
- расчетное количество рабочих суток (действительный годовой фонд времени работы основного технологического оборудования установок по приготовлению бетонных и растворных смесей) — 253.

В основу проектирования каждого предприятия кладется его производственная программа. Исходным документом является плановое задание на проектирование, определяющее в общем виде годовую производительность предприятия.

*Проектная производственная мощность* — это расчетный показатель возможного максимального выпуска условной номенклатуры продукции в единицу времени, она задается при проектировании нового производственного предприятия. Эта мощность должна обеспечивать соответствие производительности основного оборудования производительности оборудования в смежных цехах и вспомогательных служб.

бах предприятия и обеспечивать наиболее полное использование производственных площадей.

Зная действительный фонд рабочего времени и проектную производственную мощность, можно определить требуемую часовую производительность технологической линии.

Производительность бетоносмесительных и растворосмесительных цехов (отделений, установок) рассчитывается по максимальной часовой потребности:

$$Q_{\text{ч}} = K_2 \cdot P_6 / m \cdot n \cdot K_1, \quad (13)$$

где  $Q_{\text{ч}}$  — часовая производительность,  $\text{м}^3$ ;  $K_2$  — коэффициент, обеспечивающий запас (резерв) производительности 20 %,  $K_2 = 1,2$ ;  $P_6$  — проектная производственная мощность,  $\text{м}^3$ ;  $m$  — число рабочих часов в сутки;  $n$  — число рабочих дней в году;  $K_1$  — коэффициент неравномерности выдачи бетонной (растворной) смеси,  $K_1 = 0,8$ .

### 2.3. Определение потребности в заполнителях и вяжущих. Материальный баланс производства

Годовой расход сырьевых материалов рассчитывают исходя из количества заданных видов бетонных и растворных смесей по результатам расчетов их составов, выполненных ранее. Расход каждого материала на  $1 \text{ м}^3$  смеси умножается на заданный годовой объем выпуска.

Годовой объем смесей определяют с учетом их безвозвратных потерь при транспортировании, которые принимаются равными 0,5 %.

Затем считают практический расход сырьевых материалов с учетом производственных потерь по формуле

$$M_{\text{п}} = M_{\text{т}} \cdot (100 / (100 - \Pi)), \quad (14)$$

где  $\Pi$  — производственные потери, %.

$M_{\text{п}}$  измеряется в т ( $\text{м}^3$ ). Производственные потери для заполнителей принимаются равными 1,3 %, для цемента — 0,3 %.

Далее рассчитывается практический расход материалов (заполнителей) в состоянии естественной влажности по формуле

$$M_{\text{п}}^{\text{в}} = M_{\text{п}} \cdot (100 / (100 - W)), \quad (15)$$

где  $W$  — влажность материала, %.

В конце раздела составляется материальный баланс производства бетонных и растворных смесей и ведомость расхода сырьевых материалов по приведенным ниже формам (с. 29–30).

### Месячный материальный баланс производства бетонных и растворных смесей

ПРИХОД Поступило на предприятие			РАСХОД Отпущено с предприятия			
Наименование	Ед. изм.	Значение	Вид смеси	Ед. изм.	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Расход, т
Цемент	т		Смесь 1	м <sup>3</sup>		
Крупный заполнитель	т		Смесь 2	м <sup>3</sup>		
Песок	т		...	м <sup>3</sup>		
Вода	т		Растворная смесь 1	м <sup>3</sup>		
Добавка	т		Растворная смесь 2	м <sup>3</sup>		
<i>Влажность:</i>			...			
Крупный заполнитель	%		...			
Песок	%		<i>Потери технологические, 0,5 %</i>			
<i>Потери при транспортировании и хранении</i>						
Цемент, 0,3 %	т					
Крупный заполнитель, 1,3 %	т					
Песок, 1,3 %	т					
Вода	т					
Добавка	т					
<b>ИТОГО</b>						
Невязка, %						

### Ведомость расхода сырьевых материалов

Показатель		Смесь 1	Смесь 2	...	Всего
Вид бетона					—
Требуемый годовой объем бетона					
Расход компонентов, кг/м <sup>3</sup>	Цемент				
	Щебень				
	Песок				
	Вода				
	Добавка				
Минеральный наполнитель					

Показатель			Смесь 1	Смесь 2	...	Всего
Расход компо- нентов, т	Цемент	час				—
		сут.				—
		год				—
	Щебень	час				—
		сут.				—
		год				—
	Песок	час				—
		сут.				—
		год				—
	Вода	час				—
		сут.				—
		год				—
	Добавка	час				—
		сут.				—
		год				—
	Минеральный наполнитель	час				—
		сут.				—
		год				—

## 2.4. Смесительное отделение

Машины в технологической линии связаны между собой так, что их выбор начинают с последних, считая по ходу процесса производства. В линии машин, обеспечивающих получение бетонной смеси, главными являются бетоносмесители. Бетоносмеситель выбирают с учетом вида и удобоукладываемости бетонной смеси.

Смесители принудительного действия следует применять для бетонных, легкобетонных и мелкозернистых смесей любой подвижности и жесткости; гравитационные смесители — для тяжелого бетона с подвижностью 5 см и более.

Тип и количество бетоносмесителей определяется ранее, при разработке технологической схемы. Напоминаем, что для двухступенчатых установок товарного бетона (подвижные смеси для тяжелого бетона) небольшой производительности, как правило, выбирается один бетоносмеситель гравитационного или принудительного действия, минимального объема, обеспечивающего проектную мощность.



Для одноступенчатых установок, выпускающих бетонные смеси широкой номенклатуры и растворные или мелкозернистые бетонные смеси в значительном количестве для заводов и цехов ЖБИ, рационально выбрать два типа смесителей принудительного действия — бетоносмеситель и растворосмеситель, причем количество их определяется расчетом на требуемую производительность по конкретным смесям.

Для одноступенчатых установок, выпускающих только бетонные смеси, можно выбрать два одинаковых бетоносмесителя принудительного действия, но небольшого объема, чтобы в случае поломки одного обеспечить требуемый выпуск продукции.

Затем производится выбор смесителей конкретной марки исходя из паспортной производительности, по каталогам, справочникам и/или электронным ресурсам. В табл. 14 приведены характеристики наиболее распространенных тарельчатых смесителей разных производителей.

Необходимо отметить, что в современных условиях в нашей стране и в мире существует огромное количество мелких, средних и крупных компаний по производству оборудования для строительной индустрии, поэтому диапазон изготавливаемых аппаратов достаточно велик, и можно легко подобрать нужный агрегат исходя из технических характеристик и, что немаловажно, его стоимости. В табл. 15 приведена номенклатура бетоносмесителей, производимых ООО Кировский завод «ТехТрон» с объемом барабана от 250 до 1500 л.

Помимо тарельчатых, промышленностью изготавливаются бетоносмесители принудительного действия с горизонтальным расположением валов, количество валов — один или два. К производителям таких смесителей относятся следующие компании: Liebherr (Германия), Tecwill (Финляндия), ORU (Le Officine Riunite Udine S.p.A.) и C. M. Costruzioni Meccaniche s. r. l. (Италия), Мека Engineering Industry Co Ltd и ELKON (Турция), ООО «ИНТЭК» (Россия, Кировская область), ZZBO (ООО «ЗЗБО», Россия, Челябинская область) и др. Подробную информацию о технических характеристиках производителей можно найти на их сайтах в сети Интернет.

Бетоносмесители гравитационного действия предпочтительнее использовать для проектирования передвижных (мобильных) бетоносмесительных комплексов или установок малой мощности. Следует помнить, что их использование невозможно для малоподвижных и жестких смесей, как указывалось выше.

Характеристика некоторых гравитационных смесителей приведена в табл. 16.

Таблица 14

**Техническая характеристика смесителей принудительного действия  
с вертикально расположенными смесительными валами (тарельчатые)**

Показатель	Модель									
	СБ-146А	СБ-146АМ	СБ-138Б	СБ-146Б	СБ-247	СБ-242-10	СБ-242-5	СА400/500*	СА600/800*	
Вместимость по загрузке, л	750	1125	1500	1500	2250	3000	560	500	800	
Объем готового замеса, л: по бетонной смеси; по растворяющей смеси	500 650	750 900	1000 1200	1000 1200	1500 1800	2000 2400	375 375	— 400	— 600	
Число циклов в 1 ч при приготовлении: бетонной смеси; растворяющей смеси	120 55	120 55	120 55	120 55	58 33	50 40	60 45	— 40	— 40	
Наибольшая крупность заполнителя, мм	70	70	70	70	70	70	70	5	—	
Частота вращения рабочего органа, об/мин	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	35,0	—	735	732	
Мощность двигателя, кВт	18,5	30,0	37,0	37,0	45,0	91,1	15,0	22,0	30,0	
Давление в пневмосистеме, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4– 0,6	0,4– 0,7	0,5	0,4– 0,6	
Габариты, мм	2500× 2325× 1760	2500× 2325× 1940	2850× 2725× 1860	2500× 2300× 2040	2950× 2750× 2135	4000× 2920× 2850	1995× 1815× 1655	1950× 1380× 1180	2160× 1470× 2050	
Масса, кг	2950	3100	3500	3500	4350	7600	1800	1200	1750	

\*Смеситель-активатор, предназначен для приготовления цементно-песчанной смеси подвижностью не менее 4 см.

Таблица 15

Сравнительные характеристики смесителей серии СБ-80 производства ООО Кировский завод «ТехТрон»\*

Показатель	Модель											
	СБ-80-04(01)	СБ-80-02	СБ-80-03С	СБ-80-05	СБ-80-08	СБ-80-09С	СБ-80-750	СБ-80-750С	СБ-80-10	СБ-80-10С	СБ-80-15	СБ-80-15С
Наличие скипа	без скипа	со скипа	со скипа	без скипа	без скипа	со скипа	без скипа	со скипа	без скипа	со скипа	без скипа	со скипа
Расположение редуктора	верхнее или нижнее											
Общий объем смесителя, л	250	250	375	375	500	500	750	750	1000	1000	1500	1500
Рабочий объем смесителя, л	200	200	300	300	400	400	650	650	850	850	1300	1300
Мощность основного привода, кВт	4	4	7,5	7,5	11	11	15	15	18,5	18,5	30	30
Мощность скипового подъемника, кВт	нет	3	3	нет	нет	5	нет	5	нет	7,5	нет	7,5
Габаритные размеры												
длина, мм	1200	1730	1970	1450	1700	2250	2000	2500	2000	2700	2100	2850
ширина, мм	1170	1264	1470	1380	1610	1750	1750	1850	1830	1850	2150	2150
высота, мм	1150	1915	2015	1160	1200	2020	1300	2100	1650	2200	1800	3000
масса, кг	550	700	800	650	750	1100	900	1250	1200	1400	1550	1700

\*<http://tehtron.com/oborudovanie/dopoborud/betonsm/?yclid=825571980413533954>

Таблица 16

**Техническая характеристика гравитационных смесителей**

Показатель	Модель		
	СБ-10В	СБ-103А	СБ-153А
Вместимость по загрузке, л	1200	3000	1500
Объем готового замеса, л	800	2000	1000
Число циклов в 1 ч	20	22	28
Наибольшая крупность заполнителя, мм	120	120	120
Частота вращения барабана, об/мин	17,0	12,6	17,6
Мощность двигателя, кВт	13,0	22,0	11,0
Габариты, мм	3220× 2810× 2520	2500× 4100× 3330	2750× 2700× 2350
Масса, кг	3900	7200	3150

После выбора конкретного смесителя проверяется его производительность по формуле

$$Q_{\text{см. ч}} = V \cdot n \cdot \mu \cdot K_{\text{и}}, \quad (16)$$

где  $V$  — объем смесительного барабана (вместимость по загрузке),  $\text{м}^3$ ;  $n$  — число замесов в час;  $\mu$  — коэффициент выхода бетонной смеси;  $K_{\text{и}}$  — коэффициент использования во времени в час ( $K_{\text{и}} = 0,91$ ).

Число замесов в час определяют по формуле

$$n = 3600 / (t_1 + t_2 + t_3), \quad (17)$$

где  $t_1$  — время загрузки, с;  $t_2$  — продолжительность перемешивания, с;  $t_3$  — время разгрузки, с.

Продолжительность перемешивания в циклических смесителях (время от момента окончания загрузки всех материалов в работающий смеситель до начала выгрузки из него смеси) устанавливается опытным путем лабораторией завода — изготовителя бетонной смеси, она должна быть не менее указанной в ГОСТ 7473—2010 (минимальное время перемешивания — 50 секунд).

Наименьшая продолжительность смешивания бетонной смеси на плотных заполнителях приведена в табл. 17. Наименьшая продолжительность смешивания бетонной смеси на пористых заполнителях приведена в табл. 18.

Таблица 17

**Наименьшая продолжительность смешивания бетонной смеси  
на плотных заполнителях, с**

Объем готового замеса бетонной смеси, л	В гравитационных смесителях при подвижности бетонной смеси, см			В смесителях принудительного действия при В/Ц		
	1—4	5—9	более 10	менее 0,3	0,3—0,4	более 0,4
< 500	90	75	60	80	60	50
500—1000	120	105	60	100	70	50
> 1000	150	135	120	120	80	50

Таблица 18

**Наименьшая продолжительность смешивания бетонной смеси  
на пористых заполнителях, с**

Объем готового замеса бетонной смеси, л	Средняя плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>			
	> 1600	1401—1600	1000—1400	< 1000
< 500	115	120	150	180
500—1000	120	150	180	210
> 1000	135	180	210	240

*Примечание.* Значения наименьшей продолжительности приведены для смеси на пористых заполнителях подвижностью менее 3 см и жесткостью 20 с и менее. Для смесей с подвижностью 3—8 см продолжительность смешивания снижается на 30 с, а с подвижностью более 8 см — на 45 с. Для смеси жесткостью более 20 с продолжительность смешивания увеличивается на 60 с.

Применение пластифицирующих добавок снижает время перемешивания.

Продолжительность загрузки смесителя скиповым ковшом — 15—20 с, а из сборной воронки — 10—20 с. Разгрузка из наклоняющегося барабана длится 10—20 с, а из реверсивного — 30—50 с.

*Коэффициент выхода бетонной смеси* по нормам технологического проектирования примерно равен 0,67 для тяжелого и конструкционного бетона на легких заполнителях; 0,75 для теплоизоляционного бетона на легких заполнителях и 0,8 для раствора.

Количество бетоносмесителей может быть рассчитано по формуле

$$Z = Q_{\text{ч}} / Q_{\text{см. ч}}, \quad (18)$$

где  $Q_{\text{ч}}$  — часовая производительность бетоносмесительного цеха, определенная по формуле (13);  $Q_{\text{см. ч}}$  — производительность бетоносмесителя, определенная по формуле (16).

Бетонные цеха средней и высокой мощности по расположению смесительных машин в плане делят на линейные одно-, двухрядные и на гнездовые.

По линейной схеме смесительные машины устанавливают в одну или две линии. При однолинейной компоновке в большинстве случаев для каждой смесительной машины требуется свой комплект расходных бункеров и дозаторов; при двухлинейной — один комплект для каждых двух смесительных машин.

Наиболее целесообразной является гнездовая (кольцевая) компоновка, при которой вокруг вертикальной оси бетонного цеха располагаются 3—5 бетоносмесителей и расходные бункера заполнителей и цемента. Бетоносмесители обслуживаются одним комплектом автоматических дозаторов, обеспечивающих загрузку нескольких смесительных машин.

В табл. 19 приведены основные нормы для технологического проектирования БСЦ, на которые необходимо ориентироваться при проведении дальнейших расчетов.

Таблица 19

**Показатели норм технологического проектирования бетоносмесительных и растворосмесительных цехов (отделений, установок) (ОНТП 07–85)**

Наименование	Норма	Единица измерения
Расчетное количество замесов в час для приготовления на плотных заполнителях тяжелых бетонных и растворных смесей с автоматизированным дозированием составляющих:		замес
1) бетонные смеси, изготавливаемые в смесителях принудительного действия (жесткие и подвижные);	35	
2) бетонные смеси, изготавливаемые в смесителях гравитационного действия:		
а) при объеме готового замеса бетонной смеси 500 л и менее, подвижностью:		
— 1–4 см;	25	
— 5–9 см;	27	
— 10 см и более;	30	
б) при объеме готового замеса бетонной смеси более 500 л, подвижностью:		
— 1–4 см;	20	
— 5–9 см;	22	
— 10 см и более;	25	
— растворные смеси	25	

Продолжение табл. 19

Наименование	Норма	Единица измерения
Расчетное количество замесов в час для приготовления легких бетонных смесей в бетоносмесителях принудительного действия с автоматизированным дозированием составляющих при плотности бетона в высушенном состоянии:		замес
1) более 1700 кг/м <sup>3</sup> ;	20	
2) от 1400 до 1700 кг/м <sup>3</sup> ;	17	
3) от 1000 до 1400 кг/м <sup>3</sup> ;	15	
4) 1000 кг/м <sup>3</sup> и менее	13	
Наименьший угол наклона к горизонту течек	60	град.
Часовой коэффициент на неравномерность выдачи товарной бетонной смеси	0,8	—
Коэффициент выхода смесей в плотном теле:		—
1) бетонных тяжелых и легких (только для конструкционного бетона);	0,67	
2) легких (для конструкционно-теплоизоляционного бетона);	0,75	
3) растворных	0,80	
Количество отсеков для заполнителей и цемента в одной секции бетоносмесительного цеха (отделения) для:		шт.
1) смесителей с объемом готового замеса 500 л и менее:		
а) щебень, гравий;	2	
б) песок, золошлаковая смесь, шлаковый песок;	2	
в) цемент и зола-унос;	2	
2) смесителей с объемом готового замеса более 500 л:		
а) щебень, гравий;	4	
б) песок, золошлаковая смесь, шлаковый песок;	2	
в) цемент, зола-унос;	2	
3) декоративных заполнителей и цветных цементов:		
а) заполнители;	2—3	
б) цемент	1—2	
Запас материалов в расходных емкостях (бункерах и др.)		ч
1) заполнители (гравий, щебень, песок, золошлаковая смесь);	1—2	
2) цемент, зола-унос;	2—3	
3) раствор приготовленных добавок	4—5	

Окончание табл. 19

Наименование	Норма	Единица измерения
Угол наклона ленточных конвейеров для подачи бетонных смесей (с гладкой лентой):		град.
1) подвижных;	до 10	
2) жестких	до 15	
Максимально допустимая высота свободного падения бетонных смесей при их выдаче в транспортные емкости:		м
1) на плотных заполнителях;	до 2	
2) на пористых заполнителях	до 1,5	

## 2.5. Дозаторное отделение

Проектные свойства бетонных смесей и бетонов обеспечиваются дозированием (отмериванием) их компонентов с необходимой точностью. Эта операция производится с помощью дозаторов. Дозаторы бывают объемные и весовые, периодического и непрерывного действия, с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением. В современных условиях применяют в большинстве случаев автоматические дозаторы периодического действия.

Весовой или объемно-весовой дозатор периодического действия состоит из мерника (прямоугольного или чаще цилиндрического сосуда с пирамидальной или конической нижней частью), затвора и весового механизма (устройства). До последнего времени на БСУ использовались весовые дозаторы с рычажным весовым механизмом, который был ненадежен, достаточно сложен и плохо поддавался автоматизации. В последнее время широко используются весовые дозаторы на тензодатчиках, конструкция которых предельно проста: мерник устанавливается на тензодатчики или подвешивается к тензодатчикам. Чаще используются тензодатчики сопротивления, которое меняется в зависимости от деформаций, вызываемых действием силы тяжести. Электрический сигнал обрабатывается контроллером.

Использование тензодатчиков сделало возможным последовательное дозирование нескольких материалов одним дозатором, например мелко-го и крупного заполнителей, разных фракций крупного заполнителя, т. к. они обеспечивают нужную точность в широких пределах взвешивания.



Кроме того, производить весовое дозирование сыпучих материалов можно с помощью весовых конвейеров-дозаторов.

Во всех случаях цемент и заполнители должны дозироваться разными дозаторами, т. к. заполнители чаще всего бывают влажными.

Для обеспечения постоянного состава бетонной смеси следует осуществлять постоянный контроль влажности заполнителей и выполнять корректировку состава смесей перед дозированием.

Правила дозирования материалов приведены в ГОСТ 7473—2010. Все материалы, за исключением воды и растворов добавок, дозируются по массе. Воду и жидкие добавки дозируют по массе и объему. По объему (с контролем массы) дозируют также легкие заполнители.

Материалы в бетоносмеситель загружаются одновременно, за исключением случаев использования горячей воды в зимнее время и горячей цемента в жаркое летнее время. При этом порядок загрузки меняется таким образом, чтобы сначала горячий активный компонент охладился, смешавшись с заполнителем, только после этого загружается второй активный компонент.

Активные компоненты (цемент, вода, растворы химических добавок) дозируются с точностью  $\pm 2\%$ , заполнители — с точностью  $\pm 3\%$ .

Для выбора дозатора необходимо рассчитать объем мерника, подобрать затвор и тензодатчики. Объем мерника считают на максимально возможное количество компонента, идущего на один замес бетоносмесителя (руководствуясь номенклатурой составов бетонных и растворных смесей и учитывая запас 10—15 %). Затем подбирают конфигурацию и размеры мерника, и выбирается затвор. После этого определяют тип и марку тензодатчиков.

Тензодатчики выпускаются большим количеством компаний, их конструкции очень разнообразны. Существуют следующие типы тензодатчиков: мембранные, S-образные, одноточечные, балочные, осевые (стержневые). Мембранные типы используются для оценки веса жидкостей в различных емкостях. S-образный измеряет массу подвешенного к нему груза, меняя свое сопротивление при растяжении. Одноточечный датчик — это наиболее универсальная разновидность измерительного устройства. При установке он располагается по центру емкости или платформы. Такие датчики используются в миниатюрных весах и многотонных платформах. У балочных датчиков при измерении используется деформация на изгиб и сдвиг. Они устанавливаются в бункерные и платформенные весы.

Для примера приводим характеристики самых ходовых тензодатчиков производства ООО «ТОКВЕС», г. Екатеринбург (табл. 20).

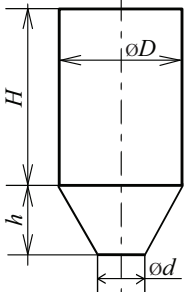
Таблица 20

### Характеристика тензодатчиков производства ООО «ТОКВЕС»

Марка	Наибольший предел измерения	Класс точности	Рабочий диапазон температур, °С
SBA	0,25; 0,3; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 5; 7,5; 10 т	С3	–30...+70
SBF	0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7,5; 8; 10; 15; 20; 25 т	С3	–30...+70
SBN	0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2 т	0,03–0,05 %	–30...+70
MLB	5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 кг	0,5 %	–20...+80

Результаты по выбору дозатора оформляют в виде таблицы по форме, приведенной на с. 40.

### Выбор дозирующих устройств

Материал	Пределы взвешивания, кг на один замес	Максимальный объем дозируемого материала в рыхлом состоянии, м <sup>3</sup>	Объем мерника с учетом запаса, м <sup>3</sup>	Размеры мерника, мм				Тип и марка		
								дозирующего конвейера, в случае если дозировка заполнителей производится им	затвора дозатора	тензодатчика дозатора
				H	h	D	d			
Цемент										
Крупный заполнитель										
Мелкий заполнитель										
Вода										
Раствор химической добавки										

---

## 2.6. Бункерное отделение

---

Бункера для сыпучих материалов относят к основному виду вспомогательного оборудования. Назначение бункеров — создать оперативный запас материалов для бесперебойной работы производства.

Расходные бункера БСУ проектируются так, чтобы они могли содержать необходимые для приготовления бетонной смеси материалы на 2–4 часа работы. Как правило, запас материалов в расходных бункерах принимают равным: для заполнителей — на 1–2 часа, для цемента 2–3 часа. Количество бункеров или их отсеков назначается при разработке технологической схемы производства и зависит от номенклатуры смесей, производительности линии, выбора компоновки БСУ (одно-, двухступенчатая и др.). Обычно их количество — не менее двух для каждого вида материалов. Расходные бункера располагаются над дозаторами и снабжены затворами на выпускных отверстиях.

Форма бункеров, угол наклона стенок, размеры выходного отверстия должны обеспечивать беспрепятственный выход материалов. Для этого бункера не должны иметь «мертвых» углов, а угол наклона стенок должен быть не менее естественного угла откоса соответствующих материалов. Если предусматривается использование бункера для разных материалов, то уклон стенок должен соответствовать материалу с наибольшим углом естественного откоса. Обычно угол естественного откоса строительных материалов составляет 55–60°. Углы наклона днищ расходных бункеров принимают для крупных заполнителей не менее 50°, для мелких заполнителей — не менее 55° и для цемента не менее 55–60°. Увеличивать угол наклона стенок бункера нецелесообразно, так как уменьшается емкость бункера и ухудшается сползание материала вследствие его заклинивания. Для предотвращения образования сводов на бункерах устанавливают специальное оборудование, например вибраторы и пневмопушки.

Объем бункеров для заполнителей подсчитывается по необходимой массе заполнителей и их насыпной плотности. При этом насыпную плотность песка следует принимать наименьшей по соответствующей влажности.

Рассмотрим порядок расчета бункера с верхней призматической частью. Определим объем бункера:

$$V = (W \cdot t \cdot K) / \gamma, \quad (19)$$

где  $W$  — количество расходуемого материала (песка, щебня, цемента, и т. п.), кг/ч;  $t$  — время, на которое запасается материал, ч;  $K$  — коэффициент перехода от полезного к геометрическому объему ( $K = 1,10-1,15$ );  $\gamma$  — насыпная плотность материала с естественной влажностью, кг/м<sup>3</sup>.

Определим геометрические размеры бункера методом подбора. Высота бункера, как правило, не должна превышать 6–8 м. Объем верхней призматической части бункера будет равен

$$V_{\text{пр}} = h_{\text{пр}} \cdot S_{\text{пр}}, \quad (20)$$

где  $S_{\text{пр}}$  — площадь призматической части бункера в плане;  $h_{\text{пр}}$  — высота призматической части бункера.

Объем нижней части бункера будет равен

$$V_{\text{н}} = (S_{\text{пр}} + F) \cdot h_{\text{н}} / 2, \quad (21)$$

где  $F$  — площадь выходного отверстия;  $h_{\text{н}}$  — высота нижней части бункера.

При расчете должны соблюдаться условия:

$$V_{\text{н}} + V_{\text{пр}} = V,$$

$$h_{\text{пр}} + h_{\text{н}} \leq 6-8 \text{ м},$$

$$S_{\text{пр}} = a \cdot b,$$

где  $a$  и  $b$  — размеры бункера в плане, причем наибольший размер не должен превышать 5 м (для одноступенчатых БСУ).

В целях экономии места и металла бункера располагают вплотную друг к другу и предусматривают совмещенные стенки. Проблема нехватки места для бункеров в плане возникает, как правило, при проектировании бункерных отделений одноступенчатых (высотных) БСУ. При проектировании современных двухступенчатых (партерных) установок эта проблема не так остра и поэтому можно увеличивать запасы заполнителей до 2–3 часов и одновременно увеличивать количество бункеров до четырех. При этом в подобных схемах расходные бункера вяжущего (цемента) отсутствуют, т. к. цемент в доза-

торы подается винтовыми конвейерами напрямую из силосов склада цемента.

Площадь выходного отверстия  $F$ , по которой подбирается затвор, определяется исходя из пропускной способности бункера  $\Pi$ :

$$\Pi = 3600 FV, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (22)$$

где  $F$  — площадь выходного отверстия,  $\text{м}^2$ ;  $V$  — скорость движения материала,  $\text{м}/\text{с}$ .

Она зависит от гранулометрического состава материала, площади сечения выходного отверстия и его формы, которая определяется периметром  $A$ ,  $\text{м}$ . Отношение  $F/A$  называется радиусом отверстия истечения  $R$ .

Скорость истечения может быть определена по формуле

$$V = 5,65 \cdot \lambda \cdot \sqrt{R}, \text{ м}/\text{с}, \quad (23)$$

где  $\lambda = 0,6$  для хорошо сыпучих порошкообразных материалов.

Для бункеров с верхней призматической частью:

$$V = 4,46 \cdot \lambda \cdot \sqrt{h}, \text{ м}/\text{с}, \quad (24)$$

где  $h$  — высота материала в бункере,  $\text{м}$ .

Пропускная способность бункера  $\Pi$  должна обеспечивать своевременное заполнение дозаторов и бетоносмесителей без снижения их производительности. Ориентировочно необходимая пропускная способность может быть вычислена по формуле

$$\Pi = \frac{V_{\text{мер.}}}{\tau - 10}, \quad (25)$$

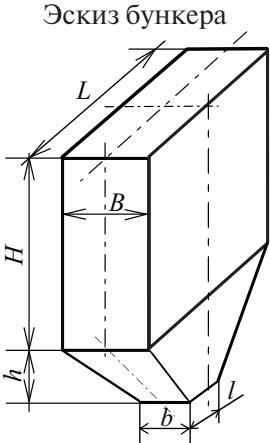
где  $V_{\text{мер.}}$  — вместимость мерника дозатора,  $\text{м}^3$ ;  $\tau$  — цикл дозирования,  $\text{с}$ .

Далее подбирается затвор выпускного отверстия бункера. После выполнения расчетов приводятся эскизы расходных бункеров с размерами, их геометрические и полезные объемы, запас материала в часах работы оборудования. Результаты оформляются в виде следующей табличной формы.

Верх всех бункеров должен находиться на одной отметке. Низ затвора бункеров, как правило, тоже располагается на одной отметке, т. е. высота всех бункеров примерно одинакова, а объем бункеров для разных материалов требуется разный. Это противоречие устраняется за счет варьирования площади горизонтального сечения бункеров и высоты их пирамидальной части, а также за счет увеличения опера-

тивного запаса (объема) бункеров с меньшим часовым расходом материала (цемент, мелкий заполнитель).

### Расходные бункера сыпучих материалов

Материал	Часовой расход в состоянии естественной влажности, кг	Оперативный запас материала, ч	Масса материала, обеспечивающая оперативный запас, кг	Требуемый объем бункера, м <sup>3</sup>	Геометрический объем бункера, м <sup>3</sup>	Эскиз бункера						Тип и марка затвора
												
						Размеры, мм						
						H	h	B	b	L	l	
Ц												
КЗ												
МЗ												
...												

## 2.7. Склады сырьевых материалов

Запас сырьевых материалов должен быть предусмотрен для бесперебойной работы предприятия в течение всего года в любых погодных условиях. Для хранения этих материалов на предприятиях создаются склады. Складское хозяйство должно обеспечивать механизированную приемку, качественное складирование, рациональное хранение и выдачу сырьевых материалов, представляющих собой значительную материальную ценность.

По привязке к транспортным коммуникациям склады делят на прирельсовые (доставка железнодорожным транспортом), притрассовые (доставка автомобильным транспортом) и береговые (доставка водным транспортом). Вид транспорта очень сильно влияет на величину за-

паса материалов и площадь территории склада, включая подъездные пути и размер разгрузочного фронта, а также на технологию складских работ. Другим фактором, влияющим на эти показатели, является расстояние транспортирования материалов.

Нормирование запасов производят на основе экономического анализа и тщательного исследования условий снабжения предприятия материалами. Запас каждого материала увязывают с объемом минимальной партии, которая может быть доставлена конкретным видом транспорта (размер разового поступления).

При расчете нормированных запасов в некоторых случаях указывают также необходимость создания на предприятии страхового (аварийного) запаса на случай отклонения поставок от плановых сроков (задержки, аварии и т. п.).

Если данный вид материала поставляется сезонно, например при добыче песчано-гравийных смесей в обводненных карьерах, возможно создание на предприятии сверхнормативных запасов.

Во всех случаях нормирование запасов сырьевых материалов должно быть направлено на ускорение оборачиваемости оборотных средств организации. Сокращение запасов материалов на складах ускоряет оборачиваемость средств и вместе с тем восполняет недостатки тех же материалов у других предприятий.

Отдельное значение имеет площадь складов и подъездных путей к ним с точки зрения размера налога на землю.

В Советском Союзе основной объем промышленных грузоперевозок осуществлялся железнодорожным транспортом. Вследствие этого все заводы железобетонных изделий проектировались с прирельсовыми складами сырьевых материалов. За прошедшие годы произошли серьезные изменения в развитии автодорожной сети и самого автомобильного транспорта. Появились новые автодороги, улучшилось их качество, появился автомобильный транспорт повышенной грузоподъемности (30, 40 и 50 т), в том числе специализированный — автоцементовозы, автобетоносмесители, автосамосвалы.

В связи с этим возникла тенденция перехода предприятий по производству железобетонных изделий и товарного бетона на автомобильный транспорт доставки сыпучих сырьевых материалов. При этом увеличивается скорость доставки, упрощается разгрузка транспорта, уменьшается площадь складов и самого предприятия, упрощается организационно-финансовая составляющая транспортирования.

### 2.7.1. Склады цемента

Нормы проектирования силосных складов цемента принимаются по табл. 21.

В современных условиях для хранения цемента на предприятиях по производству железобетонных изделий и товарного бетона проектируются только силосные склады.

Пылевидные золы теплоэнергетики (золы-унос), часто используемые в составе бетонных и особенно растворных смесей, по своим физико-механическим свойствам близки к цементам, поэтому их транспортируют и хранят так же, как цементы.

При проектировании необходимо предусматривать отдельное хранение цементов по видам и классам (маркам). Количество силосов, как указывалось выше, определяется при разработке технологической схемы производства и зависит от производительности БСУ и номенклатуры бетонных смесей, т. е. от количества используемых видов и классов цементов.

Таблица 21

**Нормы проектирования складов цемента по ОНТП 07–85**

Наименование	Норма	Единицы измерения
Запас цемента (или золы-уноса) на складе при поступлении: — железнодорожным транспортом; — автотранспортом	7–10 5–7	расчетные рабочие сутки
Количество емкостей для хранения цемента на предприятиях мощностью: — до 100 тыс. м <sup>3</sup> /год; — свыше 100 тыс. м <sup>3</sup> /год	не менее 4 не менее 6	шт.
Коэффициент заполнения емкостей	0,9	—
Углы наклона: — течек без побуждения, днищ конических без побуждения; — днищ конических, покрытых аэрирующими элементами; — аэрационных дорожек к донным или боковым разгрузочным люкам; — аэрожелобов	60 50 15 5	град.



Окончание табл. 21

Наименование	Норма	Единицы измерения
Расчетная насыпная плотность цемента: — минимальная насыпная плотность в разрыхленном свеженасыпанном состоянии (для расчета емкости склада); — максимальная насыпная плотность слежавшегося цемента (для расчета емкости на прочность)	1,00 1,75	т/м <sup>3</sup>

При проектировании БСУ небольшой мощности (менее 50 тыс. м<sup>3</sup>/год и ограниченной номенклатуры смесей) можно предусматривать два силоса цемента.

Расчет склада цемента, таким образом, сводится к определению объемов и размеров силосов.

Запас цемента, требуемый для выполнения производственной программы БСУ, рассчитывают по формуле

$$\text{Ц} = \text{П}_r \cdot \text{Ц}_1 \cdot \text{З}_\text{ц} \cdot K / 0,9 \cdot \text{Р}, \quad (26)$$

где  $\text{П}_r$  — годовая производительность БСУ по базовой смеси, м<sup>3</sup>;  $\text{Ц}_1$  — средний расход цемента на 1 м<sup>3</sup> базовой смеси, т;  $\text{З}_\text{ц}$  — запас цемента, сут.;  $K$  — коэффициент, учитывающий потери цемента при разгрузке и транспортных операциях ( $K = 1,003$ ); 0,9 — коэффициент заполнения силоса;  $\text{Р}$  — расчетный годовой фонд рабочего времени, сут.

В случае если известна производительность БСУ по различным составам смесей с использованием разных видов и классов цементов, следует отдельно определить их запасы и соответствующие объемы силосов для хранения. Возможно, при этом потребуются корректировка количества силосов, принятых при разработке технологической схемы.

Силосы притрассового склада цемента размещают в непосредственной близости от БСУ. Разгрузка автоцементовозов производится сразу в силос при помощи пневмотранспорта, который позволяет передавать цемент на расстояние по горизонтали до 50 м и на высоту до 25 м. Время выгрузки в зависимости от объема цементовоза, высоты силоса и давления сжатого воздуха составляет 15–45 мин. В типовых складах цемента используются стальные цилиндрические силосы вместимостью 30, 60, 120, 200, 500 тонн. Снаружи каждого силоса в верхней точке устанавливается фильтр для очистки выбрасываемого в атмос-

феру воздуха. Современные фильтры оснащаются сменными фильтрующими элементами.

Загрузка цемента из силосов в расходные бункера одноступенчатых (высотных) БСУ производится, как правило, также при помощи пневмотранспорта. При этом в бункерном отделении тоже устанавливают фильтры для очистки воздуха. В большинстве случаев это рукавные фильтры общей аспирационной системы БСУ. Расход воздуха на пневмотранспорт при транспортировании цемента в расходные бункера со склада может быть определен по табл. 22.

Таблица 22

**Расход воздуха на пневмотранспорт цемента из силоса в расходный бункер**

Вид насоса	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин, при производительности, т/ч			
	20	40	60	100
Пневмовинтовой	2,0	4,0	6,0	8,0
Пневнокамерный	1,6	3,2	5,0	8,3

При проектировании новых двухступенчатых (партерных) БСУ появляется возможность отказаться от использования расходных бункеров цемента (или золы) за счет того, что цемент из нижней разгрузочной части силосов наклонными винтовыми конвейерами подается сразу в дозатор, расположенный над бетоносмесителем. При этом необходимо соблюдать требования по допустимой длине и максимальному углу наклона винтового конвейера.

Этот вариант возможен также при реконструкции старых высотных БСУ.

### 2.7.2. Склады заполнителей

Назначение складов, причины создания запаса материалов и его зависимость от различных факторов рассмотрены выше в п. 2.7.

На складах заполнителей, в отличие от складов цемента, могут выполняться некоторые специфические технологические операции: рыхление смерзшихся при транспортировке материалов, подогрев заполнителей в зимний период, обогащение материалов, классификация (рассев) и др. Как правило, выполнение подобных операций предусматривают при проектировании заводов ЖБИ большой производительности.

Так же как и склады цемента, склады заполнителей классифицируют по виду транспорта, доставляющего материалы, на прирельсовые,

притрассовые и береговые. По способу хранения материалов — открытые, закрытые, полузакрытые. По типу емкостей для хранения материалов — штабельные, бункерные, полубункерные, силосные. По способу выгрузки материалов из транспортных средств — с гравитационной саморазгрузкой (автосамосвалы, железнодорожные думпкары, полувагоны), с принудительной выгрузкой машинами сталкивающего (бульдозеры, погрузчики) и черпающего (экскаваторы, грейферы) действия. По конструкции систем загрузки материалов в хранилища — с приемными устройствами и машинами для штабелирования, без приемных устройств с непосредственной подачей материалов из транспорта в емкость для хранения и др.

В настоящее время при проектировании двухступенчатых БСУ малой мощности предусматривают закрытый или полузакрытый штабельный склад заполнителей, разделенный по длине вертикальными стенками на отсеки, куда автосамосвалами доставляют и выгружают заполнители. Далее фронтальным автопогрузчиком материалы из отсеков склада транспортируются и загружаются в расходные бункера БСУ. Эта наиболее простая технология складского потока заполнителей стала возможной с появлением в недавнем прошлом универсальной самоходной машины — фронтального погрузчика. Эти машины внесли кардинальные изменения в технологию работ с массовыми навалочными грузами (песок, гравий, щебень, шлаки и др.), значительно упростив ее.

Для заводов сборного железобетона существует ряд типовых проектов прирельсовых автоматизированных складов заполнителей вместительностью от 3 до 50 тыс. м<sup>3</sup>.

Нормы проектирования складов заполнителей необходимо принимать по табл. 23.

Емкость склада заполнителей рассчитывается по формуле

$$V_z = Q_{\text{сут}} \cdot T_{\text{хр}} \cdot 1,2 \cdot 1,013, \quad (27)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — суточный расход материалов, м<sup>3</sup>;  $T_{\text{хр}}$  — норма запаса хранения материалов, сут.; 1,2 — коэффициент разрыхления; 1,013 — коэффициент, учитывающий потери при транспортировке.

После определения емкости склада выбирают его тип в зависимости от климатических условий района и определяют площадь склада. По типу емкостей склады делятся на штабельные, бункерные, полубункерные, штабельно-полубункерные, силосные.

Таблица 23

**Нормы технологического проектирования складов  
заполнителей (ОНТП 07–85)**

Наименование	Норма	Единица измерения
Запас заполнителей на заводских складах при поступлении: — железнодорожным транспортом; — автомобильным транспортом	7–10 5–7	расчетные рабочие сутки
Максимальная высота штабелей: — при свободном падении заполнителей; — складировании мелких заполнителей	12 15	м
Максимальный угол наклона ленточных конвейеров с гладкой лентой для подачи: — щебня и песка; — гравия и керамзитового гравия	18 13–15	град.
Наименьший угол наклона течек и стенок бункеров к горизонту при выполнении поверхности скольжения из металла и без применения побудителей: — для щебня, гравия и керамзитового гравия; — песка; — золошлаковой смеси, песка и щебня из шлаков	50 55 60	град.
Угол естественного откоса заполнителей при отсыпке в штабель	40	град.
Наименьшее количество отсеков для хранения заполнителей различных видов и фракций: — для песка; — крупного заполнителя; — золошлаковой смеси, песка и щебня из шлаков	2 4 1	шт.
Расчетные начальные температуры заполнителей при расчетной зимней температуре наружного воздуха: — 40; — 30; — 20	–20 –15 –10	°С
Наименьшая допустимая температура заполнителей на выходе из склада	+5	°С

Максимальная высота штабелей самого простого штабельного склада принимается по максимальной высоте подъема ковша (погрузочная высота) фронтального погрузчика, обслуживающего склад запол-

нителей. Заполнители доставляют, например, автосамосвалами типа «Тонар» большой грузоподъемности (30–60 т) и выгружают в отсеки склада, затем погрузчик формирует штабель высотой до 3–6 м.

Отсеки склада представляют собой ячейки, ограниченные с трех сторон железобетонными стенками высотой, например, 3 м, длиной 12 м, шириной 6 м. Количество отсеков соответствует количеству типов и видов заполнителей и определяется при разработке технологической схемы БСУ. Таким образом, склад может быть запроектирован в виде закрытого здания с железобетонным каркасом, пролетом 12 или 18 м и длиной, например, 24 м (четыре отсека по 6 м, т. е. четыре шага) без фронтальной стены.

Геометрические размеры такого склада, так же как и складов бункерного и полубункерного типа, определяются с привлечением геометрических формул, исходя из необходимой емкости склада и коэффициента его заполнения, принимаемого равным 0,8–0,9.

Длина открытого штабельного склада при угле естественного откоса заполнителей  $\alpha$  подсчитывается по формуле

$$L_{\text{ск}} = \left[ \left( V - \frac{\pi \cdot h^3 \cdot \text{ctg} \alpha}{2} \right) \cdot \frac{1}{h \cdot \text{ctg} \alpha} + 2 \cdot \text{ctg} \alpha \right] \cdot K_3, \quad (28)$$

где  $V$  — емкость склада заполнителей,  $\text{м}^3$ ;  $h$  — высота штабеля, м;  $\alpha$  — угол естественного откоса заполнителей;  $K_3$  — коэффициент, учитывающий полноту заполнения склада ( $K_3 = 1,15$ – $1,25$ ).

Полезная площадь штабельного склада будет равна

$$S = L_{\text{ск}} 2h \cdot \text{ctg} \alpha. \quad (29)$$

## 2.8. Конвейерное оборудование

Конвейеры применяют для транспортировки главным образом сыпучих материалов (гравия, щебня, цемента, бетонных смесей и т. п.). К конвейерам можно отнести:

- транспортеры (ленточные, цепные, винтовые, скребковые, вибрационные и др.);
- пневматические транспортерные устройства.

Надежная работа конвейеров является важной составляющей ритмичной работы бетоносмесительного цеха. При проектировании технологической цепочки проводят их расчет. В курсовом проекте

необходимо провести расчет одного из конвейеров. Ниже приведены основные положения расчета ленточного конвейера.

Средняя теоретическая производительность горизонтального конвейера, т/ч:

- для плоской ленты при перемещении сыпучего груза

$$П_{\text{ср. п}} = 150B^2v\gamma; \quad (30)$$

- для желобчатой ленты при перемещении сыпучего груза

$$П_{\text{ср. ж}} = 300B^2v\gamma; \quad (31)$$

- для желобчатой ленты при перемещении бетонной смеси

$$П_{\text{ср. ж. б. см}} = 170B^2v\gamma, \quad (32)$$

где  $B$  — ширина ленты, м;  $v$  — скорость движения ленты, м/с;  $\gamma$  — насыпная масса транспортируемого груза, т/м<sup>3</sup>.

При наклонной установке конвейера поперечное сечение материала уменьшается. Производительность конвейера в этом случае определяется уменьшением величин, полученных по приведенным выше формулам, на коэффициент  $K_\gamma$ . Зависимость коэффициента  $K_\gamma$  от угла наклона конвейера:

$K_\gamma$	1,0	0,95	0,98	0,85	0,75	0,56
Угол, град.	2	10	14	14	22	39

Приведенные значения  $K_\gamma$  действительны для углов  $\beta$ , при которых транспортируемый материал еще не сползает с ленты.

При движении груза вниз по наклону углы наклона снижаются на 3—4° для мелко- и на 5—6° для крупнокусовых грузов. При этом скорость движения ленты не должна превышать 1,5 м/с.

Углы наклона ленточных конвейеров даны в табл. 24 и 25.

Таблица 24

**Наибольшие углы наклонов ленточных конвейеров**

Материал	Вид материала	Угол наклона, град.
Мелкий заполнитель	Песок сухой	15
	Песок влажный	27
Крупный заполнитель	Щебень	20
	Гравий	20
Тонкодисперсный вяжущий материал	Известь порошкообразная	23
	Цемент	20
	Шлак	23

Таблица 25

**Рекомендуемые углы наклона при транспортировании бетонной смеси**

Группа по подвижности бетонной смеси	Углы наклона, град.	
	при подъеме	при спуске
< П1	25	12
П2	20	10

Производительность конвейера прямо пропорциональна его скорости. Рекомендуемые скорости движения тканевой прорезиненной ленты конвейера для сыпучих материалов:

Ширина ленты, м	0,40	0,50	0,65	0,80	1,00	1,20	1,4 и более
Скорость, м/с	1,50	1,75	2,00	2,50	2,75	3,00	4,00–5,00

Для пылевидных материалов скорость движения ленты не должна превышать 1,5 м/с, для бетонной смеси — 1,2 м/с. Превышение этой скорости приводит к распылению материала (цемента) и к его расслоению (бетонной смеси).

Основная мощность привода на валу барабана, Вт:

$$N_6 = ((37 \cdot \text{Пр} \cdot H + 37\omega \cdot \text{Пр} \cdot L + k\omega Lv) \cdot 0,736)/10, \quad (33)$$

где Пр — производительность конвейера, т/ч;  $H$  — разность уровней конечных барабанов конвейера, м, применяемая со знаком «+» при подъеме и со знаком «−» при спуске;  $\omega$  — удельное сопротивление движения ленты (табл. 26);  $L$  — длина конвейера, м;  $k$  — коэффициент, зависящий от массы ленты и роlikоопор;  $v$  — скорость ленты, м/с.

Таблица 26

**Удельное сопротивление  $\omega$  прямым и желобчатым роlikоопор**

Тип подшипника	Диаметр ролика, мм	Уплотнение	$\omega$
Скольжение	75–90	Войлочное	0,06
Качение (шариковый)	75–133	Из маслостойкой резины	0,04
Качение (конический)	108–159	Лабиринтное	0,03

Значение коэффициента  $k$  для тканевой прорезиненной ленты:

Ширина ленты, мм	400	500	650	800	1000	1200	1400
$k$	3400	4300	5200	7000	9200	11300	13500

При длине ленточного конвейера меньше 30 и больше 400 м вводят поправочные коэффициенты к мощности, которые изменяются от 1,05 до 1,2. Мощность двигателя

$$M_{\text{дв}} = N_6 / \eta, \quad (34)$$

где  $\eta$  — КПД привода, зависит от конструкции передаточного механизма и может изменяться от 0,8 до 0,9.

Выбор конвейера, определение его длины, угла наклона производится при работе над графической частью проекта.

## 2.9. Бетонораздаточное отделение

Доставка бетонной или растворной смеси от бетоносмесительного цеха к постам формования может осуществляться с помощью бадей, самоходных бункеров, автосамосвалов, автобетоновозов, бетононасосов, конвейеров и т. д. На строительную площадку готовые смеси доставляют автобетоносмесителями. Характеристика отечественных автобетоносмесителей представлена в табл. 27.

Таблица 27

**Техническая характеристика автобетоносмесителей  
ПАО «КАМАЗ»**

Марка	58145W	58146T	58147G	581495	58140W
Тип шасси	КАМАЗ-53605	КАМАЗ-43118	КАМАЗ-65115	КАМАЗ-6520	КАМАЗ-65201
Объем перевозимой смеси, м <sup>3</sup>	5,0	6,0	7,0	9,0	10,0
Высота загрузки, мм	3600	3800	3560	3825	3800
Габариты:					
длина	7320	6620	8500	8800	9800
ширина	2500	2500	2500	2500	2500
высота	3600	3800	3600	3825	3800
Общая масса, кг	20500	21600	25200	33100	41000



## 2.10. Расход сжатого воздуха по цеху

Для определения потребной производительности компрессорного отделения необходимо вычислить единовременный расход сжатого воздуха ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ). Сжатый воздух расходуется на следующие технологические операции:

- транспортирование цемента из транспортных средств в силосы;
- выгрузка цемента из силосов в расходные бункера;
- перемешивание цемента в силосах с целью предотвращения слеживания;
- работа пневмоцилиндров затворов бетоносмесителей, дозаторов, бункеров;
- работа системы обеспылевания.

Единовременный расход воздуха на пневмотранспорт определяют по формуле

$$V_{\text{в}} = \frac{1000 \cdot \Pi_{\text{м}}}{60 \cdot \rho \cdot \mu}, \quad (35)$$

где  $\Pi_{\text{м}}$  — общая масса цемента, транспортируемая в течение часа, т/ч;  
 $\rho$  — плотность воздуха, которую обычно принимают равной  $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  
 $\mu$  — весовая концентрация цемента в транспортирующем воздухе,  $\text{кг}/\text{кг}$ .

Весовая концентрация зависит от расстояния транспортирования и определяется по справочным данным. При приведенной длине трубопровода 100–150 м расход воздуха в среднем составляет  $26 \text{ м}^3/\text{т}$ . В других случаях удельный расход воздуха на пневмотранспорт определяют по графикам.

Единовременный расход воздуха на перемешивание цемента в силосе зависит от выбранного способа перемешивания и размеров силоса. Его принимают равным  $4\text{--}5 \text{ м}^3/\text{мин}$  на  $1 \text{ м}^2$  неактивной площади системы аэрации. При квадрантном способе перемешивания активная зона составляет 25 % площади днища, а неактивная — 75 %.

Время гомогенизации материала одного силоса составляет  $0,5\text{--}2,0 \text{ ч}$ .

Суммарный расход воздуха на транспортировку цемента в силосы и затем в расходные бункера составляет от 11 до  $20 \text{ м}^3/\text{т}$ . Расход воздуха на один смесительный агрегат:

Воздух для управления затворами дозаторов и смесителя, м <sup>3</sup> /смен	0,5	0,75	1,5
Емкость смесительного агрегата	425, 500	1000, 1200	2400

### 2.11. Оборудование для очистки воздуха

Пыление в бетоносмесительном отделении возникает при пере-сыпке транспортируемых материалов и загрузке в конечную емкость, а также при выгрузке пылящих материалов из емкостей. Обеспыливание рабочих мест осуществляют отсасыванием загрязненного воздуха вентилятором с очисткой его в различных пылеулавливающих аппаратах.

Применение пневмотранспорта для подачи цемента из разгружаемого колесного транспорта в силосы и из силосов в расходные бункера бетоносмесительного отделения требует организации системы обеспылевания воздуха, выходящего в окружающую среду из конечной емкости.

При загрузке заполнителей в расходные бункера пыление обусловлено эжекцией воздуха падающей массой материала. Для предотвращения выхода запыленного воздуха из бункера необходимо обеспечить в нем небольшое разрежение (10–15 Па), создаваемое специальным аспирационным вентилятором. При изготовлении бункеров с общими стенками в их верхней части предусматривают отверстия, соединяющие воздушное пространство всех бункеров. Таким образом, все бункера находятся под небольшим разрежением. Это обеспечивается созданием скорости воздуха в сечении неплотностей бункера 1 м/с. Количество воздуха, отсасываемого из бункера этим вентилятором, рассчитывают по формуле

$$Q_1 = 0,12 \cdot V \cdot \sqrt{19,6H} + V + 3600\omega \cdot F, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (36)$$

где  $V$  — объем загружаемого материала, м<sup>3</sup>/ч;  $H$  — высота падения материала от уровня ленты транспортера до дна бункера, м;  $\omega$  — скорость воздуха через неплотности бункера, принимают равной 1 м/с;  $F$  — сечение неплотностей, м<sup>2</sup>.

В местах перегрузки материалов с одного транспортерного устройства на другое устраивают кожух, максимально плотно прилегающий

к подвижным частям. Объем воздуха, отсасываемого из этого узла, определяют по скорости воздуха в неплотностях:

$$Q_2 = 3600\omega F, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (37)$$

При использовании для транспорта материалов ковшового элеватора количество воздуха, отсасываемого из нижней части элеватора, определяют по формуле

$$Q_n = 1400F_n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (38)$$

где  $F_n$  — сечение кожуха элеватора,  $\text{м}^2$ .

Количество воздуха, отсасываемого из верхней части элеватора высотой более 10 м, принимают равным

$$Q_b = 3600B, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (39)$$

где  $B$  — ширина ковша элеватора, м.

Расход воздуха на пневмотранспорт рассчитывают по формуле

$$Q_{\pi} = (1000 \cdot \Pi_{\text{м}}) / (\rho_{\text{в}} \cdot \mu), \quad (40)$$

где  $\Pi_{\text{м}}$  — производительность пневмотранспортного насоса,  $\text{т}/\text{ч}$ ;  $\rho_{\text{в}}$  — плотность воздуха, принимают равной  $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $\mu$  — массовая концентрация цемента в транспортирующем воздухе, ее принимают при длине транспортирования до 50 м —  $70 \text{ кг}/\text{кг}$ , а до 100 м —  $50 \text{ кг}/\text{кг}$ .

Для аспирации бетоносмесительного отделения целесообразно проектировать одну установку для обеспылевания всего выбрасываемого в атмосферу воздуха. Общий объем отсасываемого и очищаемого воздуха складывается со всех мест пыления и суммируется с воздухом, поступающим от пневмотранспорта. При этом для отделения цемента от воздуха в последнем случае устанавливают циклон, а затем очищенный в нем воздух подается для окончательной очистки в рукавный тканевый фильтр. К последнему подводятся также трубопроводы со всех остальных точек пыления. Трубопроводы воздуха должны располагаться вертикально с наклоном не менее  $60^\circ$  и не иметь горизонтальных участков с целью предотвращения оседания в них пыли. Аспирационный вентилятор и тканевые фильтры подбирают по общему объему воздуха с запасом 50 %. Используют обычно вентиляторы среднего давления с напором 1900–2400 Па.

При подаче цемента из автоцементовоза или с приемного устройства в силосы пневмотранспортом необходимо предусмотреть очистку воздуха, выходящего из силосов в атмосферу. Для этой цели использу-

ют фильтры с авторегенерацией, устанавливаемые над каждым силосом и работающие под напором из силоса. Необходимую суммарную поверхность фильтрующих катриджей, устанавливаемых на каждом силосе, определяют по формуле

$$F = (V \cdot \Pi_{\text{м}}) / (60 \cdot \omega), \quad (41)$$

где  $V$  — удельный расход воздуха на транспорт материала,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;  $\Pi_{\text{м}}$  — производительность пневмотранспортного насоса,  $\text{т}/\text{ч}$ ;  $\omega$  — скорость фильтрации, принимают равной  $0,2\text{--}0,3$   $\text{м}/\text{мин}$ .

В случае установки рукавных фильтров при длине рукава  $1$  м и диаметре  $0,22$  м определяют количество рукавов. При установке одного рукавного фильтра на несколько рядом стоящих силосов их герметизируют и соединяют между собой специальными трубными коленами.

---

### Вопросы для самоконтроля

---

1. Что такое технологическая схема?
2. Какие существуют принципы создания эффективной технологии производства материалов?
3. Что представляет собой типовая бетоносмесительная секция?
4. Как организуется схема производства бетонных смесей с двукратным подъемом сырья?
5. С какой целью составляется материальный баланс производства?
6. Назовите виды бетоносмесителей, их достоинства и недостатки.
7. Что такое тензодатчик и для чего его применяют?
8. Как осуществляется хранение инертных сырьевых материалов для производства бетонных и растворных смесей?
9. Каким образом осуществляется доставка готовых бетонных или растворных смесей потребителю?
10. Какие способы очистки запыленного воздуха предусматриваются при проектировании бетоносмесительных узлов?

---

### 3. Основные технико-экономические характеристики бетоносмесительного цеха

---

**Р**асход основных и вспомогательных материалов. В этой части проекта всегда приводят данные о расходе основных и вспомогательных материалов: вяжущего вещества, заполнителей, добавок; технологической воды; сжатого воздуха; всех других материалов, предусмотренных проектом.

По всем видам материалов приводят удельный и годовой расходы. При определении удельных расходов (они относятся к единице продукции) за единицу продукции принимают 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси (строительного раствора).

Список оборудования цеха. Список является неотъемлемой частью проекта, в него включают все основное (бетоносмесители, дозаторы и т. п.) и подобранное вспомогательное оборудование. Как правило, составляется по следующей форме.

**Список оборудования цеха**

Наименование оборудования	Марка	Количество, шт.	Габаритные размеры, м	Масса 1 шт. или комплекта, кг

Список электродвигателей и расчет расхода электроэнергии. Список и расчет также составляют в виде таблицы по следующей форме.

#### Расчет расхода электроэнергии

Наименование приводимого механизма	Мощность электродвигателя, кВт	Количество, шт.	Суммарная мощность установленных механизмов, кВт	Фактическое время работы механизмов, ч/год	Количество расходуемой электроэнергии в год, кВтч

Расход электроэнергии по складам заполнителей может быть принят равным 0,11–0,15 кВт/т. Расход электроэнергии по складу цемента составляет в среднем 0,5–0,84 кВт/т. К суммарному расходу электроэнергии добавляют 10 % на неучтенное оборудование и расход электроэнергии. Делением годового расхода электроэнергии на годовой выпуск продукции цеха получают удельный расход энергии по цеху.

**Штаты цеха.** Весь персонал проектируемого цеха, завода или установки можно разделить на две группы: промышленно-производственный и непромышленный. К первой группе относятся работники, непосредственно осуществляющие процесс производства бетонных и растворных смесей, они обслуживают его и управляют им. К непромышленным работникам относятся люди, задействованные в работе подсобных хозяйств.

Первая группа подразделяется на две категории: рабочие и служащие. К категории служащих следует относить руководителей, специалистов и др., например начальник цеха, заместитель начальника цеха, мастер, главный инженер, главный механик, технолог и т. п.

Рабочих, в свою очередь, делят на основных и вспомогательных. Основные рабочие производят основную продукцию БСУ на всех этапах (водитель погрузчика, машинист дозировочного и смесительного отделений, машинист бункерного отделения, машинисты ленточных конвейеров, оператор БСУ, лаборант производственной лаборатории и др.). Вспомогательные рабочие заняты вспомогательными и обслуживающими процессами (дежурный слесарь, электрик и др.).

Следует иметь в виду, что могут предусматриваться рабочие одного наименования должности, но разной квалификации, разных тариф-

ных разрядов. В этом случае в таблице они показываются отдельными строками.

Для обеспечения основной работы цеха или завода следует выбирать по 1 рабочему на 1 смену каждой должности и тарифного разряда. Для обеспечения рабочими склада заполнителей на каждые 50 тыс. м<sup>3</sup> мощности завода требуется водитель автопогрузчика, моторист на приемном конвейере, рабочий на сбрасывающей тележке штабельно-полубункерного склада заполнителей, 2–3 подсобных рабочих. Для обеспечения рабочими склада цемента на каждые 35 тыс. м<sup>3</sup> мощности завода требуется машинист на приемке цемента и моторист на разгрузке силосов.

Кроме того, в штат рабочих должны быть включены вспомогательные рабочие: машинисты компрессорной установки, механики, дежурные слесари и электрики, газосварщики, слесари-ремонтники, подсобные рабочие.

При проектировании составляется полный штатный список, включая инженерно-технических работников и служащих цеха с указанием их должности и количества штатных единиц. Штатный список составляют по следующей форме.

**Штатное расписание БСЦ**

Наименование должности	Тарифный разряд	Количество человек на 1 смену	Количество человек на X смен

Для уточнения штатного расписания можно также воспользоваться Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих (раздел «Производство строительных материалов»).

## Вопросы для самоконтроля

1. Какие показатели относят к технико-экономическим?
2. Чем отличается удельный и годовой расход материалов?
3. С какой целью составляется список оборудования?
4. Что такое штатное расписание предприятия?
5. Какие должности относятся к административно-управленческому персоналу, а какие — к рабочим?

---

## 4. Строительная часть

---

**В** нашем климатическом районе промышленные предприятия, технологические линии должны располагаться в отапливаемых зданиях. Промышленные здания, предназначенные для этого, должны удовлетворять требованиям технологического процесса, т. е. здания должны обеспечивать нормальное функционирование размещенного в них технологического оборудования и нормальный ход технологического процесса в целом.

С учетом технологических требований выбирают вид и материал несущих и ограждающих конструкций, тип и грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования, обеспечивают необходимые санитарно-гигиенические условия работающим в цехе.

В данном разделе необходимо проработать вопросы объемно-планировочного и конструктивного решения здания на уровне задания для разработки строительной части проекта.

Основные размеры строительных конструкций и деталей определяются объемно-планировочными решениями здания, которые в свою очередь определяются конфигурацией, размерами, направленностью (вертикальной, горизонтальной) технологических процессов проектируемой технологической линии.

В строительстве действует принцип унификации, т. е. приведение многообразных видов типовых деталей к небольшому числу определенных типов, единообразных по формам и размерам. В основе принципа — унификация объемно-планировочных размеров (параметров) зданий, которыми являются пролет, шаг и высота этажа.



При проектировании и строительстве зданий и сооружений используют *разбивочные оси*, которые представляют собой их геометрическую схему. Они являются геофизической (геометрической) основой, по которой ориентируют элементы строительных конструкций и технологическое оборудование при их установке в проектное положение. Система разбивочных осей — это то же самое, что координатная сетка на картах и планах.

Расстояние между разбивочными осями продольных стен и колонн называется *пролетами*, а расстояние между осями колонн в ряду — *шагом* колонн. В большинстве случаев шаг представляет собой меньшее расстояние между разбивочными осями, а пролет — большее, перпендикулярное шагу. Разбивочные оси шага, как правило, маркируют цифрами, а пролетов — буквами. Высотой этажа в одноэтажных зданиях называется расстояние от уровня пола этажа до отметки верха перекрытия.

Для унификации объемно-планировочных параметров зданий и размеров, строительных конструкций и изделий существует стандарт ГОСТ 28984–2011, устанавливающий основные положения модульной координации размеров в строительстве (МКРС), которая определяет правила следующих категорий основных координационных размеров: шаги  $B_0$ , пролеты  $L_0$ , высоты этажей  $H_0$ .

Основой этой системы является принцип кратности размеров зданий и их элементов единой величине, называемой *модулем*. В качестве основного модуля (М) принято 100 мм. Для крупных элементов установлены производные укрупненные модули 6000, 3000, 1500, 1200, 600, 300, 200 мм, обозначаемые соответственно 60М, 30М, 15М, 12М, 6М, 3М, 2М. Для мелких элементов предусмотрены дробные модули 50, 20, 10, 5, 2, 1 мм обозначаемые соответственно 1/2М, 1/5М, 1/10М, 1/20М, 1/50М, 1/100М.

Модульная система предусматривает три вида размеров: номинальный, конструктивный и натурный.

*Номинальным (координационным) размером* называется расстояние между разбивочными осями или размеры конструктивных элементов и строительных изделий между их условными гранями (с включением примыкающих частей швов или зазоров). Этот размер всегда означает кратным основному модулю.

*Конструктивный размер* — это проектный размер элемента, отличающийся от номинального размера на величину шва или зазора между элементами.

*Натурным (фактическим) размером* называют размеры изделия, полученные при его изготовлении (с учетом соответствующих допусков). На рис. 4 приведено поперечное сечение многопустотной плиты перекрытия. Номинальная ширина ее 1600 мм, конструктивная — 1590 мм, номинальная длина — 6000 мм, конструктивная — 5860 мм. Натурные размеры плиты могут отличаться от конструктивных на величину установленного допуска ( $1590 \pm 5$  мм,  $5860 \pm 5$  мм).

Наибольшее влияние на объемно-планировочное и конструктивное решение промышленного здания оказывают мостовые и подвесные краны.

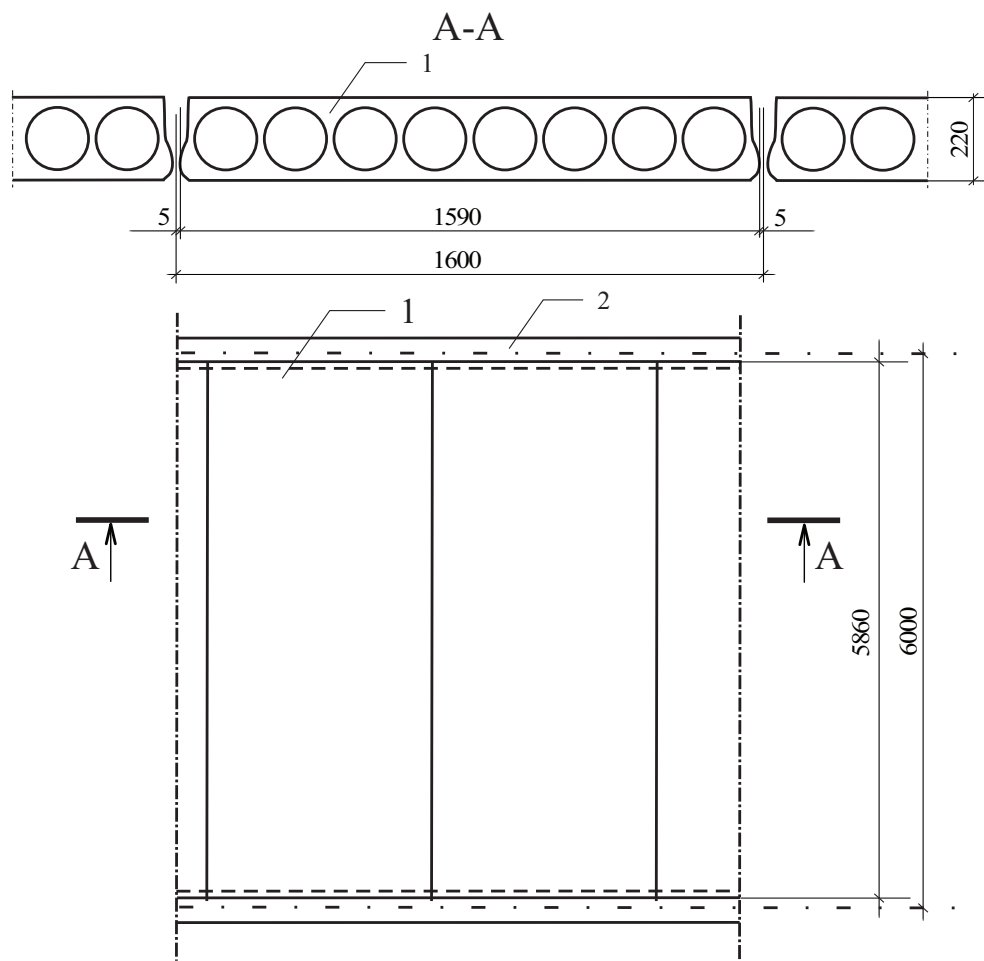


Рис. 4. Номинальные и конструктивные размеры плиты перекрытия:

1 — плита перекрытия; 2 — стена

Мостовой кран передвигается вдоль цеха по рельсам, уложенным на подкрановые балки, которые в свою очередь опираются на консоли колонн. Вдоль моста по рельсам движется тележка с электролебедками для подъема и опускания грузов. Управление всеми механизмами ведется из кабины крановщика, подвешенной к мосту. Грузоподъемность мостовых кранов обычно бывает 5–50 т, в отдельных производствах применяют краны намного большей грузоподъемности.

При небольших пролетах и малой грузоподъемности применяются подвесные кран-балки — это двутавровая балка, подвешенная к несущей балке или ферме здания, по нижней полке которой передвигается электрическая таль, т. е. подвесная тележка с электролебедкой для подъема грузов. Управляют кран-балкой с пола подвесным переключателем или радиопультотом. Грузоподъемность 0,25–5 т.

Для производства бетонных смесей, особенно по одноступенчатым схемам, а также железобетонных изделий и конструкций, когда технологические процессы, осуществляемые с помощью кранов, ведутся вдоль пролета, выбирают промышленные здания пролетного типа с железобетонным каркасом. Размеры пролетов, как указывалось выше, выбирают в зависимости от технологии производства и габаритов размещаемого оборудования.

Пролет здания принимают равным 12, 18, 24, 30, 36 м. Расстояние между разбивочными осями в продольном направлении (шаг колонн) принимают кратным 6 м. Для колонн внутренних рядов рациональным следует считать шаг 12 м. Высота от пола до низа несущей конструкции покрытия (балки или фермы) устанавливается кратной модулю 6М (3,6–6,0), укрупненному модулю 12М (6,0–10,8 м) и модулю 18М (10,8–18 м).

При привязке колонн и стен одноэтажных зданий к разбивочным осям необходимо соблюдать ряд правил.

В зданиях без мостовых кранов и в зданиях с мостовыми кранами грузоподъемностью до 30 т включительно при шаге колонн 6 м и высоте здания менее 16,2 м применяют *нулевую привязку*, т. е. совмещают наружные грани колонн и внутренние поверхности стен с продольными разбивочными осями (рис. 5, а, б).

В зданиях, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т включительно, при шаге колонн 6 м, высоте 16,2–18 м, а также при шаге колонн 12 м и высоте 8,4–18 м наружные грани колонн и внутренние поверхности стен смещают с продольных разбивочных осей на 250 или 500 мм (рис. 5, в).

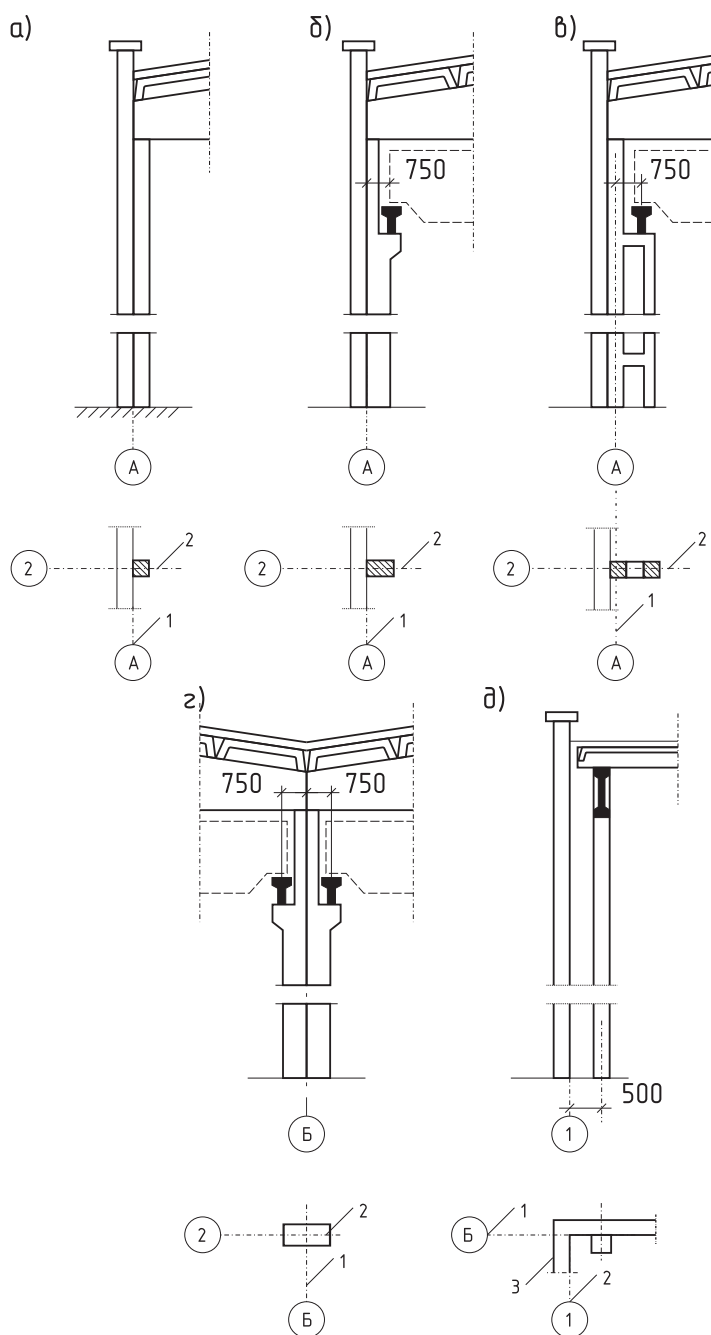


Рис. 5. Привязка колонн каркаса к разбивочным осям здания:  
 1 — продольные разбивочные оси; 2 — поперечные разбивочные оси;  
 3 — торцевая стена

Колонны средних рядов при одинаковой высоте смежных пролетов располагают так, чтобы разбивочная ось совпадала с осью симметрии верхней части колонн (рис. 5, *з*).

В продольном направлении (рис. 5, *а, б, в, г*, планы) геометрические оси сечения колонн совмещают с поперечными разбивочными осями (за исключением колонн у торцевых стен и примыкающих к деформационным швам). Геометрические оси торцевых колонн основного каркаса смещают с крайней разбивочной оси здания на 500 мм (рис. 5, *д*). При этом внутреннюю поверхность самонесущей торцевой стены совмещают с разбивочной осью.

Оси подкрановых балок и рельсов должны отстоять от разбивочных осей здания при грузоподъемности кранов до 50 т включительно на 750 мм (рис. 5, *б, в, г*).

В качестве примера проектного решения промышленного здания приводим проект завода ЖБИ, построенного в Москве. Необходимо обратить внимание на то, как дается характеристика промышленного здания.

«Главный производственный корпус состоит из одноэтажного здания, в котором находятся формовочный и арматурные цехи, и четырехэтажной надстройки, в которой размещен бетоносмесительный цех (БСЦ, рис. 6). Таким образом, приготовление бетонной смеси приближено к месту ее потребления в формовочном цехе.

Вертикальный технологический процесс в БСЦ целесообразен в связи с большой массой материалов, входящих в состав бетона. При таком решении все материалы перемещаются сверху вниз под действием собственной массы. БСЦ расположен непосредственно над прокатными станами формовочного цеха и представляет собой типовую унифицированную секцию по производству бетонных смесей производительностью 1000–1500 л.

Одноэтажное здание главного корпуса трехпролетное: два пролета по 24 м размером в плане  $162 \times 48$  м приходятся на формовочный цех; один пролет 18 м размером в плане  $132 \times 18$  м — на арматурный цех. Шаг колонн: крайних — 6 м, средних — 12 м. В пролетах по 24 м установлены четыре мостовых крана, два грузоподъемностью 5 т и два — 15 т, а также четыре двухъярусных прокатных стана, каждый размером  $107 \times 7,5$  м. Пролет 18 м оборудован двумя мостовыми кранами грузоподъемностью по 5 т. Высота от пола до головки подкранового рельса принята 8,15 м; до низа фермы покрытия — 10,8 м.

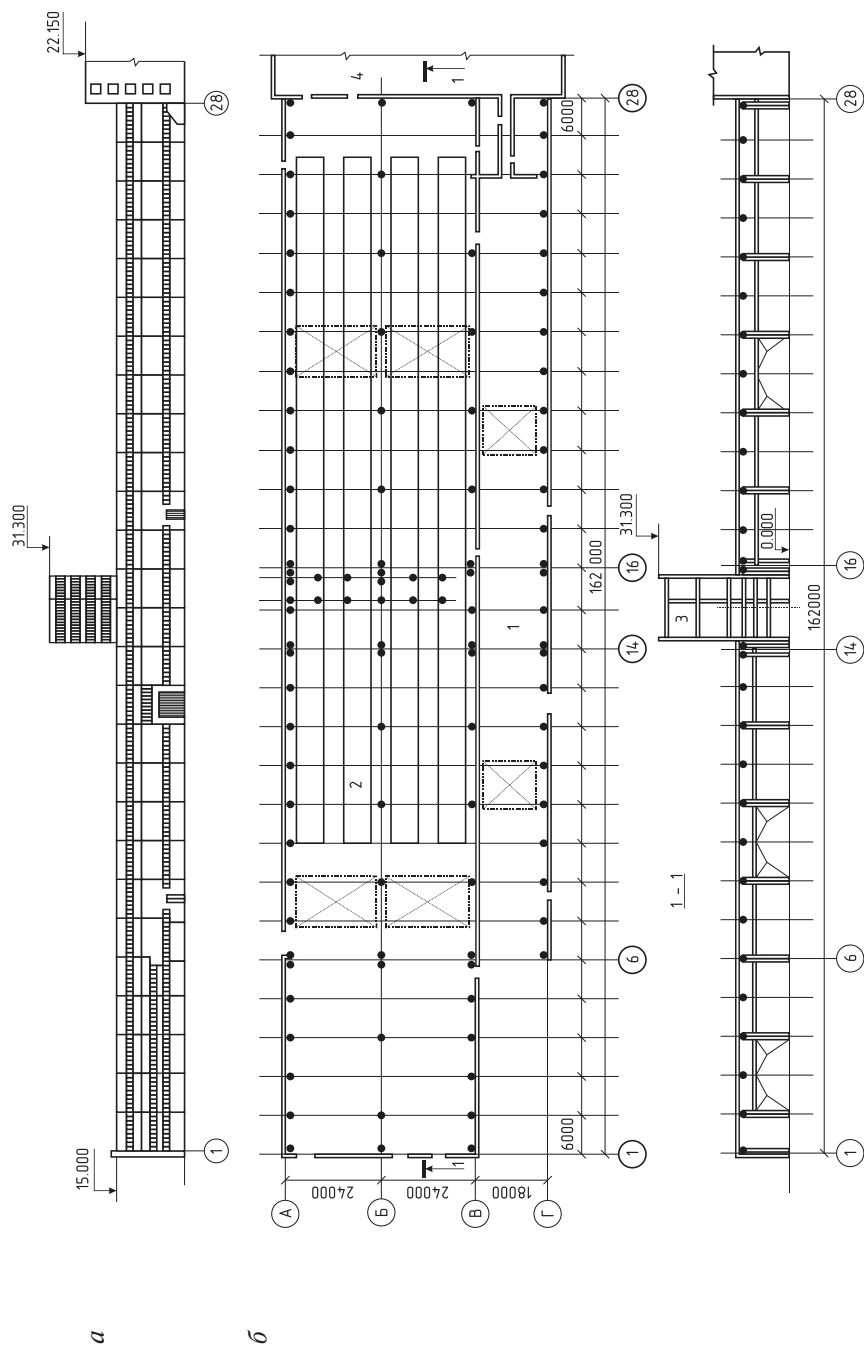


Рис. 6. Главный корпус завода железобетонных изделий:

*a* — фасад; *б* — план на отметке 0,000 и разрез;

1 — арматурный цех; 2 — формовочный цех; 3 — бетоносмесительный цех; 4 — бытовые помещения

Четырехэтажная надстройка бетоносмесительного отделения размером в плане  $48 \times 9$  м. Первый этаж БСЦ решен по индивидуальному проекту в металлических конструкциях, а выше отметки 6,000 применены типовые железобетонные конструкции. БСЦ оборудуется шестью бетоносмесительными установками.

Проект разработан применительно к следующим условиям: расчетная зимняя температура воздуха для подбора системы отопления —  $-30^\circ\text{C}$ ; снеговая нагрузка для III строительно-климатического района 1000 Па; скоростной напор ветра для I района 270 Па; зона влажности нормальная; влажностный режим внутри помещения нормальный ( $\phi = 50-60\%$ ); рельеф территории спокойный; грунты сухие, непучинистые, непросадочные; грунтовые воды отсутствуют; сейсмичность не выше 6 баллов. За отметку 0,000 принята отметка пола главного производственного корпуса.

При проектировании завода железобетонных изделий были учтены геологические и гидрогеологические условия и приняты следующие конструктивные элементы:

- свайные фундаменты в виде сборных железобетонных свай длиной 8 м, сечением  $300 \times 300$  мм с монолитным железобетонным ростверком;
- монолитные железобетонные фундаменты колонн на свайном основании с отметкой верха подколонника — 0,150; фундаменты под оборудование монолитные бетонные и железобетонные; фундаментные балки — сборные железобетонные; стеновые блоки подвала — сборные, бетонные. Ввиду высокого уровня грунтовых вод предусмотрена оклеечная гидроизоляция цоколя из четырех слоев гидроизола на битумной мастике с приклейкой и покраской каждого слоя горячим битумом. Защитная прижимная кирпичная стенка толщиной 120 мм.

В состав сборного железобетонного каркаса входят: колонны, подкрановые балки, стропильные фермы и балки, подстропильные фермы, плиты покрытия и перекрытий.

Несущий металлический каркас БСЦ состоит из стальных колонн, ригелей, связей, которые соединены с помощью болтов и сварки.

Наружные стеновые панели — из ячеистого бетона, размерами  $1,2 \times 6$  и  $1,8 \times 6$  м, толщиной 240 мм. В местах примыкания галереи применены нетиповые панели наружных стен. Швы между панелями заполнены цементным раствором. Стальные элементы крепления стеновых

панелей к колоннам каркаса после сварки покрывают антикоррозийным составом.

Внутренние стены кирпичные из красного кирпича марки 50 на цементно-песчаном растворе. Кирпичная кладка цоколя и участков наружных стен выполнена из красного кирпича марки 75 на цементно-песчаном растворе.

Кирпичные перегородки толщиной 120 мм армируются стержнями 2Ø6 АІ через пять рядов кладки по высоте.

Дневное освещение обеспечивается через оконные проемы и зенитные фонари в покрытии. Остекление ленточное, толщина стекла 4 мм, частично используется профильное стекло. Переплеты металлические, предусмотрено их открывание для проветривания помещения и очистки стекла. Двухслойные зенитные фонари панельного типа выполнены из органического стекла.

Перекрышки сборные железобетонные.

Двери деревянные. Ворота распашные с автоматическим открыванием. Рамы ворот металлические.

Основной вход в БСЦ расположен с улицы через арматурный цех, эвакуационный выход — снаружи по металлической лестнице. Из главного корпуса предусмотрены шесть эвакуационных выходов, а из арматурного цеха — четыре.

Главный производственный корпус имеет пять наружных пожарных лестниц, расстояние между которыми до 200 м. Его крыша скатная утепленная с внутренним водостоком. Утеплитель плитный (пенобетон толщиной 120 мм, средней плотностью 550 кг/м<sup>3</sup>). Оклеенная пароизоляция покрытия выполняется по верху железобетонных плит покрытия из одного слоя рубероида на битумной мастике. Покрытие кровли состоит из трех слоев рубероида на битумной мастике.

Полы в главном производственном корпусе цементно-песчаные, асфальтобетонные, из керамической плитки на цементно-песчаном растворе и линолеумные.

Отделка стен помещений производственного корпуса предусмотрена силикатными красками, в санитарных узлах применена масляная краска на высоту 2 м, выше — силикатная окраска.

Потребность в бытовых помещениях и санитарно-техническом оборудовании определяется по группе производственных процессов, исходя из расчета общего числа работающих в наиболее многочисленную смену (первую).



Главный производственный корпус и бытовые помещения оборудованы системами отопления и вентиляции, электро-, газо-, и тепло-снабжением (горячей и холодной водой).

Площадки под оборудование вентиляционной системы состоят из несущих конструкций в виде металлических стоек и балок, железобетонных плит, а также ограждений (стен) из кирпича и железобетона.

Административно-бытовой корпус размером в плане  $73,62 \times 10,62$  м примыкает к главному производственному корпусу у оси 28. Вокруг здания устроена асфальтовая отмостка по бетонному основанию шириной  $0,75$  м<sup>1</sup>.

---

### Вопросы для самоконтроля

---

1. Что такое промышленные здания и чем они отличаются от жилых (общественных)?
2. Что такое пролет и шаг колонн?
3. Для чего необходима модульная координация размеров в строительстве?
4. Чем отличается номинальный размер от конструктивного?
5. Какие виды транспортных механизмов существуют и чем они отличаются друг от друга?
6. Как влияет вид кранового оборудования на привязку колонн промышленного здания?
7. Укажите основные размеры пролетов промышленных зданий.
8. Как обозначаются разбивочные оси на чертежах?
9. Какие правила необходимо соблюдать при привязке колонн и стен одноэтажных зданий к разбивочным осям?
10. Какие параметры, зависящие от вида климатического района, необходимо указывать в строительной части?

---

<sup>1</sup> Соловей Ю. М. Основы строительного дела. М. : Стройиздат, 1989. С. 158–162.

---

## 5. Графическая часть

---

Основой для выполнения графической части является ранее разработанная и уточненная в процессе проведения расчетов часовой производительности оборудования технологическая схема.

Цель графической части — скомпоновать (расположить в пространстве) основное технологическое оборудование линии, связать его в единую технологическую цепь и задать его координаты («привязать»).

Обычно местом привязки оборудования (агрегата, машины, устройства, конструкции) служат оси симметрии его или отдельных его частей, опорные поверхности или линии его габаритов, линии привалочных поверхностей, оси валов и др. в зависимости от вида оборудования.

Например, местом привязки бетоносмесителя принудительного действия является ось вертикального вала и опорная поверхность рамы корпуса (рис. 7). Привязывают оборудование, как правило, к координатным осям здания или строительной площадки.

В процессе компоновки технологической линии должны быть определены необходимые размеры и конфигурация помещения БСУ, т. е. разработано объемно-планировочное решение и выбрана строительная система здания. *Строительная система* — комплексная характеристика конструктивного решения здания по материалу и технологии возведения несущих конструкций. Рекомендуется выбирать железобетонное каркасно-панельное здание, особенно для БСУ высотного типа.

На чертежах должно быть изображено здание БСУ с размещенным в нем основным технологическим оборудованием, показаны координатные оси здания, основные строительные размеры и вертикаль-

ные отметки. Необходимо показать материалы основных строительных конструкций, нанести монтажные и габаритные размеры основного технологического оборудования и его привязки.

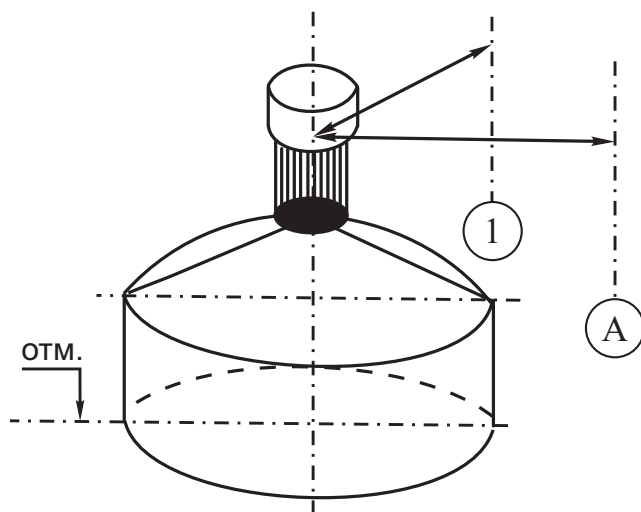


Рис. 7. Привязка основного оборудования к осям

Основное оборудование должно быть обозначено позициями, должна быть составлена его спецификация по соответствующей форме.

Чертежи выполняются на двух листах формата А3 (297×420 мм) в компьютерном графическом редакторе или вручную тушью, чернилами при помощи рапидографа или карандашом.

Масштаб изображений, как правило, принимается 1:100. Допускается выполнять чертежи на листах большего формата и в количестве большем, чем два листа.

Масштаб и количество изображений (видов и разрезов) должны охватывать всю технологию и обеспечить полное понимание всех стадий работы технологической линии от поступления сырьевых материалов до отгрузки (выхода) готовой продукции.

Степень детализации (проработки) графической части должна соответствовать стадиям разработки проектно-сметной документации: «ТЭО» (технико-экономическому обоснованию) или «Проекту», предшествующим и являющимся основой для выполнения последующей стадии — «Разработка рабочих чертежей» (разработка рабочей документации).

На основе материалов стадий «ТЭО» или «Проект» выдают задания на разработку рабочей документации (рабочих чертежей) исполнителям других разделов проекта:

- строительная часть (здания, фундаменты под оборудование, площадки, этажерки, бункера, инженерные сети и др.);
- механическое оборудование (рамы и опоры ленточных конвейеров, нестандартизированное оборудование и др.);
- электроснабжение и автоматизация;
- вентиляция, отопление и т. д.

Компоновка оборудования осуществляется следующим образом. По марке выбранного технологического оборудования нужной производительности определяются его заводы-изготовители. На сайтах заводов-изготовителей и в электронных справочниках приводятся общие виды этого оборудования в трех проекциях с указанием установочных (монтажных) и габаритных размеров. Общие виды и проекции скачиваются и приводятся в соответствующий чертежу масштаб. Далее соответствующие изображения komponуются в технологическую цепь. При необходимости в допустимых заводом-изготовителем пределах меняются некоторые характеристики оборудования (например, угол наклона конвейера, его длина, высота элеватора, расположение загрузочного отверстия и т. п.).

По тому, как разные единицы оборудования располагаются друг относительно друга, определяются вертикальные отметки площадок, на которых они размещаются, или глубина приямков, которые необходимо выполнить, ширина пролетов и длина зданий.

Высоту этажей или расстояние между различным оборудованием по высоте принимают с учетом возможности свободного гравитационного истечения сыпучих материалов из одного аппарата в другой, т. е. наименьший угол наклона течек к горизонту должен быть  $60^\circ$ . Кроме того, над каждой площадкой с тяжелым, громоздким оборудованием должен быть установлен грузоподъемный механизм (тельфер, монорельс, таль или конструкции для подвешивания этих механизмов) с целью монтажа, демонтажа и ремонта оборудования, при этом в каком-либо месте здания должен быть сквозной вертикальный проем через все перекрытия и площадки, так называемый «монтажный проем», через который оборудование с любой площадки или этажа опускают на нулевую отметку или поднимают с нее.



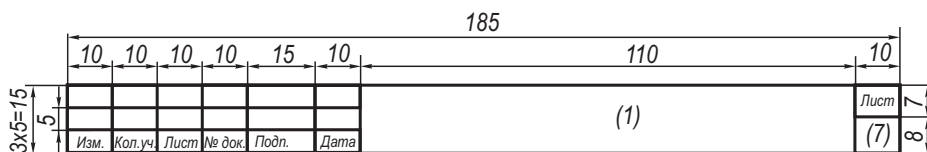


Рис. 9. Вид, размеры и пример заполнения основной надписи на последующих листах

В графах основных надписей учебных проектов и работ необходимо указывать информацию, несколько отличающуюся от требований ГОСТ Р 21.1101–2013.

1. В графе 1 приводят обозначение документа следующего формата:

08.03.01 23.63.10 НМТ-450803 001 КП,

в котором «08.03.01» — это код направления, по которому обучается студент; «23.63.10» — код ОКПД2 на вид продукции или осуществляемой услуги, в данном случае на «бетон, готовый для заливки (товарный бетон)»; «НМТ-450803» — наименование учебной группы; «001» — последние три цифры из номера студенческого билета студента; «КП» — сокращение от «Курсовой проект», в случае выполнения курсового проекта по модулю необходимо указывать «КПМ». Обозначение документа повторяется на титульном листе пояснительной записки с заменой буквенного кода на «ПЗ» (пояснительная записка).

2. В графе 2 указывают наименование предприятия, его части или другого объекта строительства, в состав которого входит здание (сооружение), или наименование микрорайона; в случае учебного проекта или работы указывают тему, которую пишут полностью в соответствии с выданным заданием.
3. В графе 3 — наименование здания (сооружения) и вида строительства (строительство, реконструкция, техническое перевооружение и др.), в случае учебного проекта или работы указывают только вид строительства.
4. В графе 4 приводят наименования изображений, помещенных на этом листе, в соответствии с их наименованиями на чертеже (например, ПЛАН НА ОТМ. 0.000, Разрез А-А). Если на листе помещено только одно изображение, допускается его наименование приводить только в графе 4. Наименования спец-

ификаций и других таблиц, а также текстовых указаний, относящихся к изображениям, в графе 4 не указывают (кроме случаев, когда спецификации или таблицы выполнены на отдельных листах).

5. В графе 6 приводят условное обозначение вида документации: П — для проектной документации, Р — для рабочей документации; в случае учебного проекта или работы указывают У.
6. В графе 7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют).
7. В графе 8 — общее количество листов документа (указывают только на первом листе).
8. В графе 9 приводят наименование или различительный индекс организации, разработавшей документ; в нашем случае это аббревиатура университета и института через запятую, например: УрФУ, ИНМТ.
9. В графе 10 указывают характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ. В качестве разработчика выступает «Студент», проверяет документ «Руководитель», качество оформления проверяет «Нормоконтролер», и утверждает документ «Заведующий кафедрой». Эти обозначения принято сокращать.
10. В графе 11 приводят фамилии лиц, подписавших документ: студента, руководителя проекта, нормоконтролера, заведующего кафедрой, которая обеспечивает проведение курсового проектирования.
11. В графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11. Подписи лиц, разработавших данный документ (студента, руководителя проекта и ответственного за нормоконтроль), являются обязательными. В качестве нормоконтролера может выступать руководитель курсового проекта или специально назначенный сотрудник кафедры. Подпись заведующего кафедрой не обязательна.
12. В графе 13 ставят дату подписания документа в формате ДД.ММ.ГГ, например: 15.03.19.

Основную надпись размещают в правом нижнем углу листа.

Складывание чертежей. При складывании чертежей и их копий в папки, конверты или при их брошюровке следует учитывать следующее:


- листы надо складывать изображением наружу так, чтобы основная надпись чертежа оказалась на лицевой стороне сложенного листа в правом нижнем углу;
- чертежи всех форматов надо складывать «гармоникой» сначала вдоль линий, перпендикулярных к основной надписи, а затем вдоль линий, параллельных ей, до формата А4.

**Масштабы.** Масштабом чертежа называется отношение линейных размеров изображенного на чертеже предмета к линейным размерам этого предмета в натуре. Чертежи данного проекта в зависимости от формата, размеров и сложности изображения рекомендуется выполнять в масштабах уменьшения, выбранных из следующего ряда: 1:50; 1:75; 1:100; 1:200. Независимо от масштаба изображения предмета на чертеже всегда представляют только действительные его размеры. Масштаб обозначают в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа по типу 1:50; 1:100, а в остальных случаях — по типу М1:50; М1:100 и т. д.

**Линии и.** На чертежах применяют следующие типы линий (табл. 28): сплошные, штриховые и штрихпунктирные. Каждый тип имеет несколько разновидностей: сплошная толстая — основная; сплошная тонкая; сплошная волнистая; штрихпунктирная тонкая; штрихпунктирная утолщенная; разомкнутая; сплошная тонкая с изломами; штрихпунктирная с двумя точками тонкая.


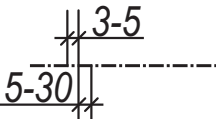
Таблица 28

**Линии чертежа и их назначение**

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1. Сплошная толстая, основная		$S$	Линии видимого контура; линии перехода видимые; линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)



Продолжение табл. 28

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
2. Сплошная тонкая		От $S/3$ до $S/2$	Линии контура наложенного сечения; линии размерные и выносные; линии штриховки; линии-выноски; полки линий-выносок и подчеркивание надписей; линии для изображения пограничных деталей («обстановка»); линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях; линии перехода воображаемые; следы плоскостей; линии построения характерных точек при специальных построениях
3. Сплошная волнистая		От $S/3$ до $S/2$	Линии обрыва; линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая		От $S/3$ до $S/2$	Линии невидимого контура; линии перехода невидимые
5. Штрихпунктирная тонкая		От $S/3$ до $S/2$	Линии осевые и центровые; линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
6. Штрих-пунктирная утолщенная		От $S/2$ до $2/3S$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию; линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
7. Разомкнутая		От $S$ до $1,5S$	Линии сечений
8. Сплошная тонкая с изломами		От $S/3$ до $S/2$	Длинные линии обрыва
9. Штрих-пунктирная с двумя точками тонкая		От $S/3$ до $S/2$	Линии сгиба на развертках; линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях; линии для изображения развертки, совмещенной с видом

Использование линий разных типов и разновидностей, каждая из которых имеет свое назначение, позволяет понимать, что изображено на чертеже, т. е. грамотно «читать» чертеж. Особое значение имеет толщина линий. Линии — это «буквы», которыми «пишется» чертеж. Если буквы все одинаковые, то чертеж не читается. Даже если чертеж выполнен линиями разных типов, но одинаковой толщины, он также не читается! В примерах применения линий (рис. 10) номера линий соответствуют номерам пунктов в табл. 28.

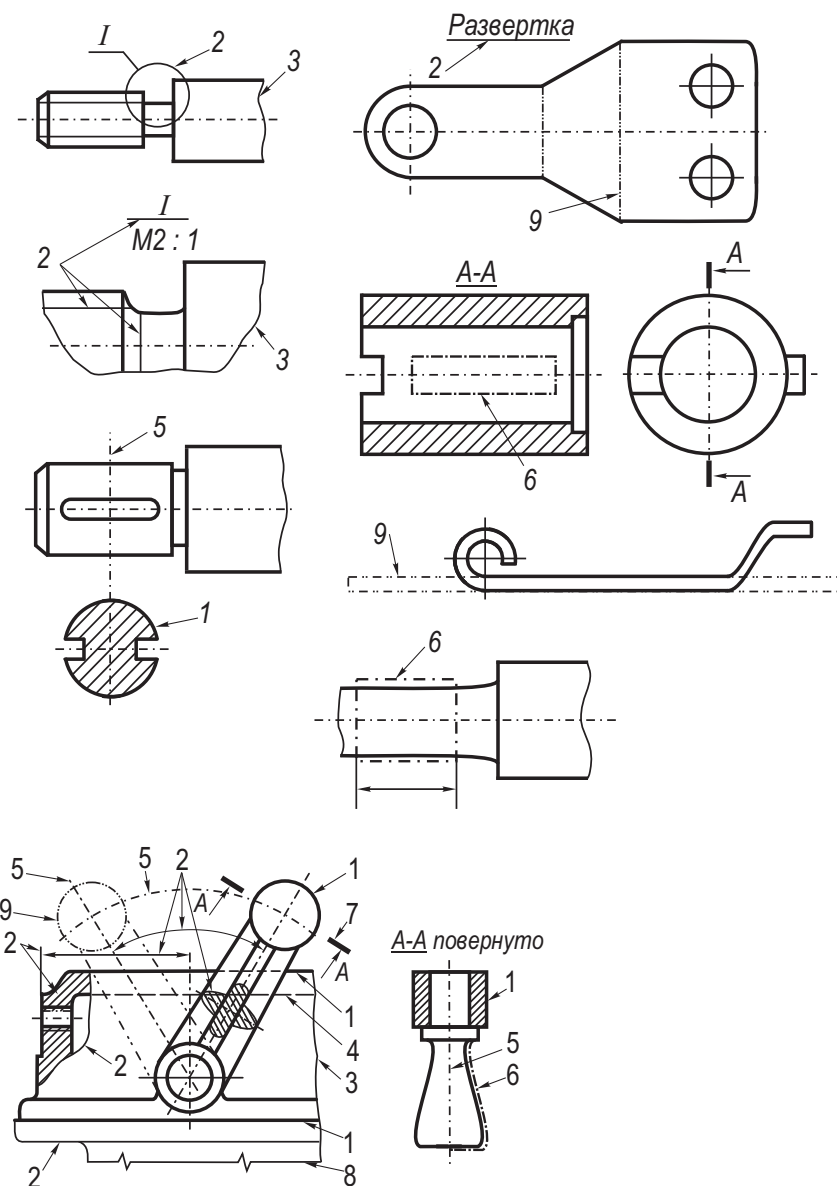


Рис. 10. Примеры использования линий различного назначения на чертежах

Толщину  $S$  основной линии берут в пределах 0,5–1,4 мм в зависимости от размеров и сложности изображения и от формата чертежа. В данном проекте рекомендуется использовать толщину основной линии 0,6–1,0 мм для формата A1 и 0,5–0,8 мм для формата A3. Толщина

линий одного и того же типа должна быть на данном чертеже одинаковой для всех изображений, вычерчиваемых в одном и том же масштабе. Стандарт устанавливает наименьшую толщину линий и наименьшее расстояние между смежными линиями в зависимости от формата чертежа. Так, для формата А1 наименьшая толщина линий равна 0,3 мм, а наименьшее расстояние между линиями — 0,8 мм. Соответственно, для форматов меньше А1 наименьшая толщина линий — 0,2 мм, наименьшее расстояние между линиями — 0,8 мм.

Необходимо соблюдать некоторые указания по обводке изображений на чертежах:

- длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от размеров изображения;
- штрихи в линии должны быть примерно одинаковой длины;
- промежутки между штрихами в каждой линии должны быть примерно одинаковыми;
- штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами;
- штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм (рис. 11);
- для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединять штрихпунктирной тонкой линией.

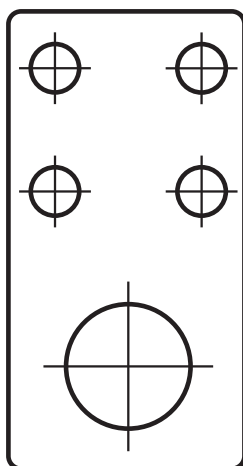


Рис. 11. Пример замены штрихпунктирной линии на сплошную на чертеже

Чертежные шрифты. Все подписи на чертежах и других технических документах выполняются чертежным шрифтом. Чертежные шрифты для всех отраслей промышленности и строительства установлены в ГОСТ 2.304–81.

Основные параметры шрифта следующие:

- размер шрифта  $h$  — высота прописных букв в миллиметрах, измеренная по перпендикуляру к основанию строки;
- высота строчных букв  $c$  (без отростков);
- ширина буквы  $g$  — наибольшая ширина буквы;
- толщина линии шрифта  $d$ , зависит от типа и высоты шрифта.

ГОСТом установлены следующие типы шрифта:

- тип А без наклона ( $d = 1/14h$ );
- тип А с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = 1/14h$ );
- тип Б без наклона ( $d = 1/10h$ );
- тип Б с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = 1/10h$ ).

Параметры шрифтов, написание букв русского, латинского и греческого алфавита необходимо посмотреть в соответствующих ГОСТах и справочниках.

Шрифты типа А и Б отличаются соотношением толщины линий  $d$  и высоты прописных букв  $h$ . ГОСТом установлены следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40 мм.

В данном проекте рекомендуется использовать размеры шрифта 5, 7, 10 мм.

В графических редакторах компьютерных программ заложены стандартные параметры шрифтов, что значительно снижает трудоемкость черчения. Для написания шрифта вручную применяют вспомогательную сетку, в которую вписывают буквы.

Изображения — виды, разрезы. Правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) установлены ГОСТ 2.305–2008 на чертежи всех отраслей промышленности и строительства.

Изображения предметов должны выполняться методом прямоугольного проектирования. Изображаемый предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. За основные плоскости проекций принимаются шесть граней куба. Грани куба разворачивают и совмещают с плоскостью чертежа. Изображение предмета на фронтальной плоскости принимают в качестве главного на чертеже и в проекционной связи с ним располага-

ют все остальные изображения. Главное изображение должно давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета, в нашем случае — о количестве и расположении оборудования проектируемой технологической линии.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяют на виды, разрезы, сечения. Число изображений (видов, разрезов, сечений) на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о технологии объекта при чтении чертежа.

*Вид* — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета (объекта). Для сокращения числа изображений допускается на видах штриховыми линиями показывать невидимые части предмета (оборудования) либо предметы (оборудование). Это рекомендуется, если невидимые очертания не являются сложными.

Основные виды имеют следующие наименования: вид спереди (главный вид); вид сверху (на строительных чертежах — например, «План 1 этажа», «План на отметке 0.000» и т. п.); вид слева; вид справа. Названия видов, находящихся в проекционной связи с главным изображением, на чертежах не подписывают. В строительных чертежах допускается подписывать название вида с присвоением ему буквенного, цифрового или другого обозначения. В строительных и технологических чертежах часто в качестве главного вида используют «вид сверху» — план, так как этот вид дает наиболее полное представление о конфигурации здания и технологии промышленного объекта. Во всех случаях, когда какой-либо вид смещен относительно главного изображения, направление взгляда должно быть указано стрелкой, обозначенной прописной буквой русского алфавита. Размер шрифта буквенных обозначений берут примерно в два раза больше размера цифр размерных чисел. Надпись подчеркивают тонкой сплошной линией.

*Разрез* — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Часть предмета, разрезанная секущей плоскостью, на чертеже должна быть заштрихована. В зависимости от расположения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются:

- на горизонтальные — секущая плоскость параллельна горизонтальной проекции (в строительных чертежах это поэтажные планы или планы на различных отметках);

- вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекции.

Из вертикальных разрезов наиболее часто встречаются два: фронтальный — секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (в строительных чертежах — продольный, когда секущая плоскость направлена вдоль длины) и профильный — секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (в строительных чертежах — поперечный, когда секущая плоскость направлена вдоль ширины объекта).

Сложные разрезы (при нескольких секущих плоскостях) могут быть ступенчатыми (если секущие плоскости параллельны между собой).

При выполнении разреза положение секущей плоскости указывают линией сечения. Для этого используют разомкнутую линию, состоящую из начального и конечного штрихов, длину которых принимают в пределах 8–20 мм, а толщину — от  $S$  до  $1,5S$ . При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей. На начальном и конечном штрихах ставят стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки нужно наносить на расстоянии 2–3 мм от конца штриха. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. У начала и конца линии сечения (около стрелок) и у мест пересечения секущих плоскостей ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. В строительных чертежах у линии сечения взамен букв допускается применять цифры, а также надписывать наименование разреза с присвоенным ему обозначением.

Графические обозначения материалов и правила их нанесения на чертежах. Графические обозначения материалов в сечениях и на фасадах, а также правила их нанесения на чертежах всех отраслей промышленности и строительства установлены ГОСТ 2.306–68.

Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материала состоит в штриховке сплошными тонкими линиями площади, попадающей в сечение. Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материала даны на рис. 12.

Для выделения материалов и изделий на виде (фасаде) приняты графические обозначения, указанные на рис. 13.

Эти обозначения допускается наносить не полностью, а только небольшими участками по контуру или пятнами внутри контура.

Наклонные линии штриховки не должны быть параллельны линиям контура или осевым линиям фигуры. Узкие и длинные площади сечений, например сечения стен зданий, ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий и проемов, а остальную площадь сечения — небольшими участками в нескольких местах. Узкие площади сечений, шириной на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с просветами между смежными элементами (например, панелями стен) не менее 0,8 мм.



Металлы и твердые  
сплавы



Неметаллические материалы  
(в том числе волокнистые, моно-  
литные и плитные (прессованные),  
за исключением указанных далее)



Древесина



Камень естественный



Керамика и силикатные  
материалы для кладки



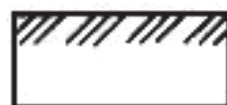
Бетон



Стекло и другие  
светопрозрачные  
материалы



Жидкости



Грунт  
естественный

Рис. 12. Графические обозначения материалов в сечениях

В строительных чертежах допускается на сечениях незначительной площади любой материал обозначать как металл.

При больших площадях сечений, а также при указании профиля грунта допускается наносить обозначение лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины.



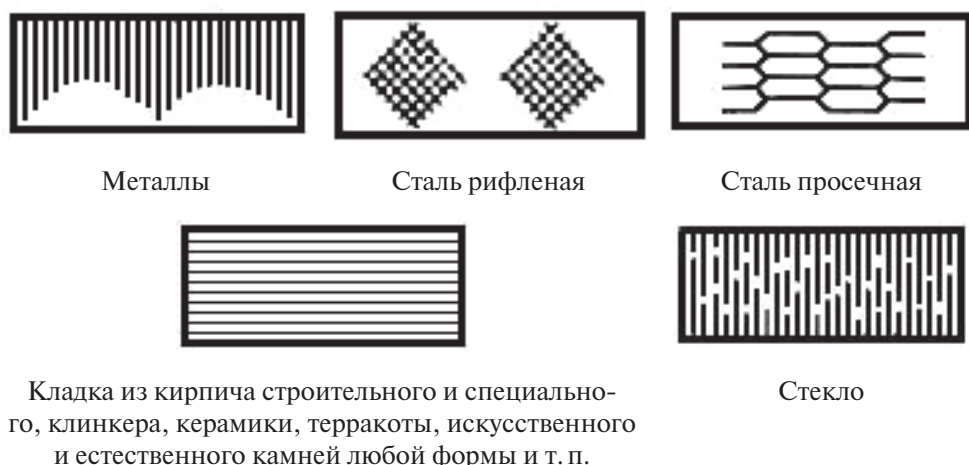


Рис. 13. Графические обозначения материалов на видах

**Нанесение размеров.** Проставляя размеры на чертеже, необходимо учитывать следующее:

- размеры каждого элемента должны быть заданы не только геометрически полно и технологически грамотно, но и в соответствии с производственным процессом выполнения строительно-монтажных работ;
- наносить размеры на чертеж необходимо так, чтобы они были однозначно понятны исполнителю;
- размеры следует проставлять от разных баз, которые выбирают с учетом технологических и конструктивных требований, в строительных и технологических чертежах это, как правило, разбивочные оси.

Правила нанесения размеров установлены ГОСТ 2.307–2011.

Общее число размеров на технологическом чертеже должно быть минимальным, но достаточным для выполнения строительно-монтажных работ.

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для удобства пользования чертежом, показывают справочными. Справочные размеры на чертеже обозначают значком «\*».

К справочным относят следующие размеры:

- один из размеров замкнутой размерной цепи;
- размеры на сборочном (технологическом) чертеже, перенесенные с чертежей деталей (машин, механизмов) и использу-

емые в качестве установочных и присоединительных (монтажных), по которым данное изделие (оборудование) устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию (оборудованию);

- габаритные (определяющие предельные очертания изделия) размеры на технологическом чертеже, перенесенные с чертежей оборудования, например диаметр барабана бетономесителя, размеры загрузочного отверстия агрегата и др.

В строительных чертежах разрешается наносить размеры в виде замкнутой цепи.

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных чертежах, однако в строительных чертежах некоторые размеры допускается повторять. В основном это размеры, которые не подлежат изменению (унифицированные размеры между разбивочными осями, высотные отметки и др.).

Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями, используя, если необходимо, выносные линии. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным. Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии.

На строительных чертежах взамен стрелок допускается применять засечки на пересечении размерных и выносных линий; при этом размерные линии должны выступать за выносные линии на 1—3 мм. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за контур стрелок размерной линии на 1—5 мм. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями — 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые, выносные в качестве размерных. Следует избегать пересечения размерных и выносных линий.

Выносные линии, как правило, проводят от линий видимого контура. Если вид или разрез симметричного предмета изображают только до оси симметрии или с обрывом, то разные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета. На строительных чер-

тежах в подобных случаях все размеры допускается указывать только до оси симметрии, а размерные линии на пересечении с осью симметрии ограничивать крестиком из засечек.

При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают.

Размерные числа наносят над размерной линией, как можно ближе к ее середине. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий.

---

### Вопросы для самоконтроля

---

1. Какова основная цель выполнения графической части проекта?
2. Что такое строительная система?
3. Какие существуют форматы листа для выполнения графической части?
4. Что такое основная надпись, каковы ее размеры и какая информация приводится в ней?
5. Что такое масштаб и какая степень уменьшения существует?
6. Какие виды линий используются для выполнения графической части?
7. Для чего используется разомкнутая линия?
8. Какова средняя толщина основной линии?
9. Чем отличается чертежный шрифт от обычного?
10. Что такое вид и разрез?
11. Как изображаются сложные разрезы?
12. Как обозначаются разные материалы на чертежах в сечениях и на основном виде?
13. Каковы основные правила нанесения размеров на чертежах?
14. Какие размеры относят к справочным?
15. Как изображают выносные линии?

---

# Библиографический список

---

Баженов Ю. М. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю. М. Баженов, А. Г. Комар. Москва : Стойиздат, 1984. 672 с.

Банит Ф. Г. Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов / Ф. Г. Банит, А. Д. Мальгин. Москва : Стройиздат, 1979. 351 с.

Бетоносмесители ОАО «Ярстройтехника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.yarst.ru/betonosmesiteli/> (дата обращения 20.12.2018). Загл. с экрана.

Волынец Н. П. Справочник инженера-технолога предприятия сборного железобетона / Н. П. Волынец, Н. Г. Дьяченко, В. И. Лошанюк. Киев, 1983. 224 с.

Гальперин М. И. Строительные машины / М. И. Гальперин, Н. Г. Домбровский. Москва, Машиностроение, 1971. 408 с.

Гершберг О. А. Технология бетонных и железобетонных изделий / О. А. Гершберг. Москва : Стройиздат, 1971. 360 с.

ГОСТ 2.104–2006. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи (с Поправками). Введ. 2006–09–01. Москва : Стандартинформ, 2011.

ГОСТ 2.304–81. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Шрифты чертежные (с Изменениями № 1, 2). Введ. 1982–01–01. Москва : Стандартинформ, 2007.

ГОСТ 2.305–2008. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Изображения — виды, разрезы, сечения (с Поправкой). Введ. 2009–07–01. Москва : Стандартинформ, 2009.

ГОСТ 2.306–68. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах (с Изменениями № 1–4). Введ. 1971–01–01. Москва : Стандартинформ, 2007.

ГОСТ 2.307–2011. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Нанесение размеров и предельных отклонений (с Поправками). Введ. 2012–01–01. Москва : Стандартинформ, 2012.

ГОСТ 28984–2011. Модульная координация размеров в строительстве. Основные положения. Введ. 2013–01–01. Москва : Стандартинформ, 2013.

Дроздов Н. Е. Механическое оборудование заводов сборного железобетона / Н. Е. Дроздов, М. И. Журавлев. Москва : Стройиздат, 1975. 320 с.

Колокольников В. С. Технология бетонных и железобетонных изделий / В. С. Колокольников. Москва : Высшая школа, 1970. 392 с.

Константуполо Г. С. Механическое оборудование заводов железобетонных изделий и теплоизоляционных материалов / Г. С. Константуполо. Москва : Высшая школа, 1988. 432 с.

Королев К. Н. Передовые методы приготовления бетонной смеси : [метод. рекомендации] / К. Н. Королев. Челябинск : Уральский дом научно-технической пропаганды, 1989. 53 с.

Левченко П. В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности / П. В. Левченко. Москва : Высшая школа, 1968. 367 с.

Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона ОНТП 07–85 / Минстройматериалов СССР. Москва : Стройиздат, 1986. 51 с.

Попов Л. Н. Основы технологического проектирования заводов железобетонных изделий / Л. Н. Попов, Е. Н. Ипполитов, В. Ф. Афанасьева. Москва : Высшая школа, 1988. 310 с.

Правила техники безопасности и производственной санитарии в производстве бетонных и железобетонных изделий и конструкций / Министерство промышленности строительных материалов СССР. Москва : Стройиздат, 1988. 128 с.

Продукция компании ООО «ТОКВЕС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tokves.ru/tenzodatchiki.html> (дата обращения 20.12.2018). Загл. с экрана.

Производство сборных железобетонных изделий : справочник / Г. Н. Бердычевский, А. П. Васильев, Л. А. Малинина [и др.] ;

под ред. К. В. Михайлова, К. М. Королева. Москва : Стройиздат, 1989. 447 с.

РДС 82–2003. Нормы естественной убыли при хранении и транспортировке материальных ресурсов в строительстве. Введ. 2004–01–01.

Сапожников М. Я. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов / М. Я. Сапожников, Н. Е. Дроздов. Москва : Стройиздат, 1970. 487 с.

Слесарев Ю. М. Приготовление бетонной смеси и строительного раствора / Ю. М. Слесарев. Москва : Высшая школа, 1979. 186 с.

СНиП 3.09.01–85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий / Госстрой СССР. Москва, 1985. 40 с.

Сорокер В. Н. Примеры и задачи по технологии бетонных и железобетонных изделий / В. Н. Сорокер. Москва : Высшая школа, 1972. 296 с.

Справочник по проектированию цементных заводов / под ред. С. Н. Данюшевского. Ленинград : Стройиздат, 1969. 240 с.

Справочное руководство по черчению / В. Н. Богданов, И. Ф. Малежик, А. П. Верхола [и др.]. Москва : Машиностроение, 1989. 864 с.

Строительные машины : справочник : в 2 т. / под ред. В. А. Баумана. Москва : Машиностроение, 1976–1977.

Цителаури Г. И. Проектирование предприятий сборного железобетона / Г. И. Цителаури. Москва : Высшая школа, 1986. 132 с.

Чайкин С. Ф. Основы проектирования производственных предприятий строительной индустрии / С. Ф. Чайкин. Москва : Госстройиздат, 1953. 272 с.

Ягупов Б. А. Строительное дело : учебник / Б. А. Ягупов. Москва : Стройиздат, 1988. 366 с.

---

# Приложение 1

---

## Содержание курсового проекта, проекта по модулю

---

**Р**уководитель проекта выдает задание (прил. 3), в котором указывается тема проекта, годовая мощность (производительность) цеха, вид и класс (марка) бетона или строительного раствора, который необходимо получить, место и способ их применения, а также содержание графической части курсового проекта.

По усмотрению руководителя курсового проектирования набор исполнителя и вяжущего может быть возложен на проектанта. Основное содержание расчетно-пояснительной записки в задании, как правило, не указывается. Оно определяется проектантом согласно настоящему пособию. В задании указывают лишь те моменты — вопросы и расчеты — которые должны быть разработаны в проекте (кроме общих).

Некоторые исходные условия и данные, необходимые для проектирования, могут быть приведены руководителем в задании. Как правило, они устанавливаются проектантом по литературным данным, материалам производственной практики и т. д. и согласовываются с руководителем курсового проектирования.

В расчетно-пояснительной записке приводятся обоснование выбора схемы производства бетонных (растворных) смесей, все проведенные расчеты, характеристики выбранного оборудования. Ниже в качестве примера приводятся обязательные части пояснительной записки, которые необходимо располагать в указанном порядке.

Титульный лист

Задание на проектирование

Рецензия на курсовой проект

Содержание

Введение

1. Выбор материалов для приготовления бетонной смеси

2. Расчет составов бетонов (растворов)
3. Определение режима работы предприятия, годовой и суточной потребности предприятия в материалах
4. Выбор технологической схемы производства
5. Расчет и выбор необходимого оборудования
6. Определение основных исходных технико-экономических данных проектируемого цеха
  - 6.1. Строительный объем зданий цеха
  - 6.2. Список оборудования цеха с указанием наименования, краткой характеристики, количества, массы и стоимости
  - 6.3. Список электродвигателей с указанием приводимого механизма, мощности и количества
  - 6.4. Расчет расхода электроэнергии по цеху на 1 год и на 1 м<sup>3</sup> продукции
  - 6.5. Расчет сжатого воздуха по цеху
  - 6.6. Штаты цеха (должность, разряд и количество рабочих в смену и в сутки; штат НТР и служащих цеха: должность, оклад, численность)

Заключение

Библиографический список

Приложения

**Оформление.** Пояснительная записка выполняется на бумаге стандартного формата А4 на одной стороне листа в печатном виде с оставлением полей; все страницы должны быть пронумерованы (нумерация начинается с титульного листа, проставляется внизу листа посередине); сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются. При оформлении необходимо использовать следующие параметры печати: шрифт Times New Roman; кегль 14; полуторный межстрочный интервал; левое поле — 3 см, правое — 1,5 см, верхнее — 2 см, нижнее — 2 см. Таблицы, рисунки (графический и другой иллюстративный материал) должны иметь название и соответствующий номер. Номер и название таблицы даются над ней, номер и название рисунка — под ним. Таблица или рисунок должны располагаться после обязательного первого упоминания о них в тексте. Заголовки (кроме содержания) печатаются с абзацного отступа 1,25; выравнивание — по ширине, выделение текста — полужирным. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы ставится в круглых скобках справа от нее и состоит, как правило, из номера раздела (части) и порядкового номера формулы внутри раздела. Смысл всех



входящих в формулы элементов должен быть расшифрован непосредственно после формулы, расшифровка должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

В работе библиографические ссылки на источники цитат и заимствований, представленные в списке использованных источников, приводятся непосредственно после данного текста в квадратных скобках. В список использованных источников включаются все использованные при подготовке работы источники, а не только те, на которые имеются ссылки в тексте работы.

Титульный лист работы оформляется в соответствии с примером, приведенным в прил. 2, номер на этой странице не ставится.

Приложения должны иметь сквозную нумерацию заглавными буквами русского алфавита (например, «Приложение А», см. ГОСТ 7.32—2017). Кроме нумерационного, должен быть и тематический заголовок, отражающий содержание данного приложения.

---

# Приложение 2

---

## Бланк и пример заполнения титульного листа

---



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»  
Институт новых материалов и технологий  
Кафедра материаловедения в строительстве

Оценка \_\_\_\_\_

Руководитель курсового проектирования  
\_\_\_\_\_

Члены комиссии \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата защиты \_\_\_\_\_

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

#### к курсовому проекту

по теме: БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНЫЙ ЦЕХ ЗАВОДА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ИЗДЕЛИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 14 000 М<sup>3</sup> СМЕСЕЙ В ГОД

08.03.01 23.63.10.000 004 ПЗ

Студент: ИВАНОВ ИВАН ИВАНОВИЧ \_\_\_\_\_

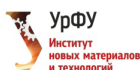
Группа: НМТ-440803

Екатеринбург

2019

# Приложение 3

## Бланк задания и пример его оформления



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»  
(УрФУ)  
Институт новых материалов и технологий  
Кафедра материаловедения в строительстве

### Задание на курсовой проект

Студент **Иванов Иван Иванович**  
Группа **НМТ-440803**  
Направление подготовки **08.03.01 «Строительство»**

1. Тема курсового проекта **БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНЫЙ ЦЕХ ЗАВОДА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 14 000 М<sup>3</sup> СМЕСЕЙ В ГОД**

2. Содержание работы, в том числе состав графических работ и расчетов  
**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА:** объем расчетов и содержание в соответствии с приведенными в учебном пособии «Проектирование бетоносмесительных предприятий для производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций».

**ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:** 2 листа формата А3: план и разрезы технологической линии (БСУ)

3. Дополнительные сведения. Марки (классы) бетонных смесей: БСТ В22,5 П2 и БСМ В7,5 П3 в соотношении 50 на 50 %. Растворных смесей нет. Заполнители: гранитный щебень фр. 20–40 мм, кварцевый речной песок. Недостающие данные принять и обосновать по справочной литературе. При оформлении пояснительной записки и графической части руководствоваться методическими указаниями: Оформление учебных текстовых и графических документов : [метод. указания] / Ф. Л. Капустин, С. Ф. Шишкин, А. Б. Лошкарев, Е. Ю. Васина. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2006. 72 с.

4. План выполнения курсовой работы

Наименование элементов проектной работы	Сроки	Примечания	Отметка о выполнении
1. Сбор исходных данных для выполнения проекта	1 неделя		
2. Разработка технологической схемы	2 неделя		
3. Выполнение технологических расчетов по проектируемой линии	3–4 недели		
4. Разработка компоновки оборудования и оформление графической части	5–6 недели		
5. Оформление пояснительной записки проекта	7–8 недели		
6. Подготовка доклада к защите проекта в комиссии	9 неделя		

Руководитель \_\_\_\_\_ С. В. Беднягин

---

# Оглавление

---

Введение .....	3
1. Расчет состава бетонных и растворных смесей .....	6
1.1. Выбор материалов для приготовления бетонной смеси .....	7
1.2. Расчет составов бетонов .....	10
1.3. Расчет составов растворов .....	16
Вопросы для самоконтроля .....	19
2. Технологическое проектирование .....	20
2.1. Технологическая схема производства .....	20
2.2. Режим работы и фонд рабочего времени, часовая производительность .....	26
2.3. Определение потребности в заполнителях и вяжущих. Материальный баланс производства .....	28
2.4. Смесительное отделение .....	30
2.5. Дозаторное отделение .....	38
2.6. Бункерное отделение .....	41
2.7. Склады сырьевых материалов .....	44
2.7.1. Склады цемента .....	46
2.7.2. Склады заполнителей .....	48
2.8. Конвейерное оборудование .....	51
2.9. Бетонораздаточное отделение .....	54
2.10. Расход сжатого воздуха по цеху .....	55
2.11. Оборудование для очистки воздуха .....	56
Вопросы для самоконтроля .....	58

---

---

3. Основные технико-экономические характеристики бетоносмесительного цеха .....	59
Вопросы для самоконтроля .....	61
4. Строительная часть .....	62
Вопросы для самоконтроля .....	71
5. Графическая часть .....	72
Оформление графической части .....	75
Вопросы для самоконтроля .....	89
Библиографический список .....	90
Приложение 1. Содержание курсового проекта, проекта по модулю .....	93
Приложение 2. Бланк и пример заполнения титульного листа .....	96
Приложение 3. Бланк задания и пример его оформления .....	97

*Учебное издание*

**Беднягин** Сергей Вадимович  
**Герасимова** Екатерина Сергеевна

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕТНОСМЕСИТЕЛЬНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ  
И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ**

Редактор *Т. Е. Мерц*  
Верстка *Е. В. Ровнушкиной*

Подписано в печать 21.10.2019. Формат 70×100 1/16.  
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 8,1.  
Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 40 экз. Заказ 272.

Издательство Уральского университета  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5  
Тел.: +7 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41  
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4  
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13  
Факс: +7 (343) 358-93-06  
<http://print.urfu.ru>





### **БЕДНЯГИН СЕРГЕЙ ВАДИМОВИЧ**

Доцент кафедры материаловедения в строительстве Института новых материалов и технологий УрФУ, доцент. Почетный строитель РФ, Лауреат премии Совета Министров СССР.

Основное направление научной работы – получение гипсовых водостойких вяжущих материалов с использованием техногенного сырья.



### **ГЕРАСИМОВА ЕКАТЕРИНА СЕРГЕЕВНА**

Старший преподаватель кафедры материаловедения в строительстве Института новых материалов и технологий УрФУ.

Основное направление научной работы – разработка модифицированных строительных композиций на основе портландцемента, содержащих техногенные отходы производства.